

A-8563

Duplum

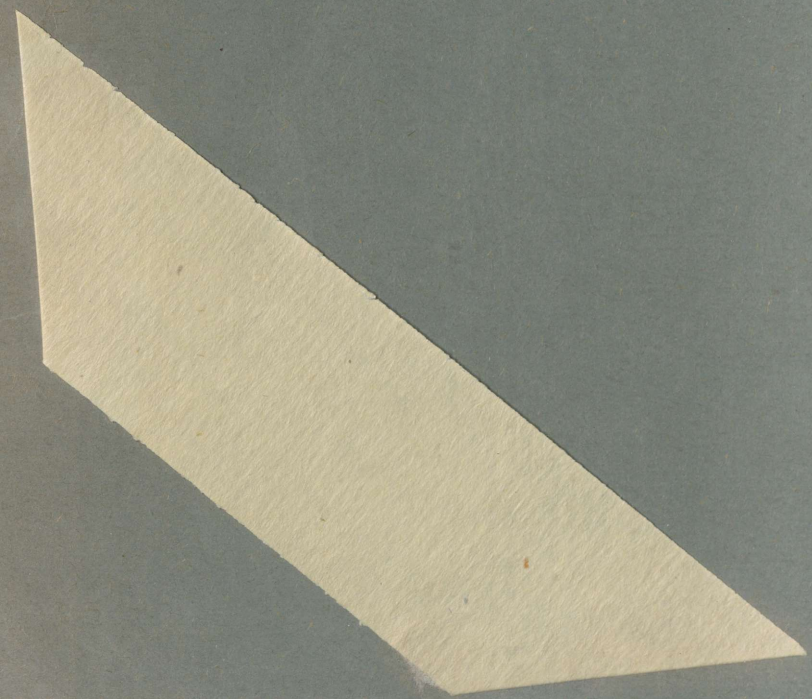
LAEVA ELEKTROTEHNIKA

Dipl. ins. H. Norman

TALLINNA MEREKOOLI VÄLJAANNE

TALLINN 1933 a.

LIT. J. MÄNNIK & G. LINHOLM



LAEVA ELEKTROTEHNIKA

3. Lihtsaim vahelduva voolu generaator.....	2
4. Lihtsaim alalise voolu dünamo, Kollektor..	4
5. Normaalne alalise voolu dünamo.....	6
6. Mitme magnetipoolse dünamod.....	9
7. Ankrute tüübid.....	10
8. Ankrumõistis.....	11
9. Dünamomasinate konstruktsioonid.....	13
10. Välisergutuselise dünamod.....	15
11. Peavoolu-dünamo.....	16
12. Haruvoolu-dünamo.....	18
13. Kompound-dünamo.....	20
14. Ankrumõistis.....	22
15. Ankrumõistis.....	24
16. Lisamõistis.....	25
Dünamomasinate konstruktsioon.	
17. Vahine kaju.....	26
18. Ankur.....	28
19. Kollektor.....	30
20. Elektromagnetid.....	31
21. Harjad.....	32
22. Harjahoidjad.....	33
23. Võll ja laagrid.....	34
24. Süntreostant.....	37
25. Elektrijsaama sissevõtte.....	37
26. Kompound-dünamomasinate paralleelne ühendamine.....	38
27. Dünamote kasukraad.....	41
28. Laeva elektriagregaadid.....	42
29. Aurudünamod.....	43
30. Turbodünamod.....	44
31. mootordünamod.....	45

Dipl. ins. H. Norman

TALLINNA MEREKOOLI VÄLJAANNE

TALLINN 1933 a.

LIT. J. MÄNNIK & G. LINHOLM



5881
A-8563

TALINNA MEREKOOI-VÄLJAANE
TALLINN 1933 a.

LT. J. WÄNLIK & O. LINNOLM

Punktid.Lhk.I. Dünamomasinad.

1. Elektromagnetiline induktsioon.....	1
2. Üldmõiste generaatorist.....	1
3. Lihtsaim vahelduva voolu generaator.....	2
4. Lihtsaim alalise voolu dünamo. Kollektor..	4
5. Normaalne alalise voolu dünamo.....	6
6. Mitme magnetipoolusega dünamod.....	9
7. Ankrute tüübid.....	10
8. Ankrumähiste tüübid.....	11
9. Dünamomasina elektromotoorne jõud.....	13
Dünamomasinate tüübid ja nende omadused.	
10. Välisergutusega ja omaergutusega dünamod..	15
11. Peavoolu-dünamo.....	16
12. Haruvoolu-dünamo.....	18
13. Kompaund-dünamo.....	20
14. Ankru reaktsioon.....	22
15. Ankru reaktsiooni vähendamise abinõud.....	24
16. Lisapoolused.....	25
Dünamomasinate konstruktsioon.	
17. Väline kaju.....	26
18. Ankur.....	28
19. Kollektor.....	30
20. Elektromagnetid.....	31
21. Harjad.....	32
22. Harjahoidjad.....	33
23. Võll ja laagrid.....	34
24. Šuntreostaat.....	37
25. Elektriijaama sisseseade.....	37
26. Kompaund-dünamomasinate paralleelne ühen- damine.....	38
27. Dünamote kasukraad.....	41
28. Laeva elektriaggregaadid.....	42
29. Aurudünamod.....	43
30. Turbodünamod.....	44
31. Mootordünamod.....	45

II

Dünamote hooldamine.

32. Üldreegliid.....	46
33. Harjade ja harjahoidjate hooldamine.....	46
34. Kollektori hooldamine.....	48
35. Laagrite hooldamine.....	49
36. Dünamo käivitamine.....	50
37. Dünamo hooldamine töötamisel.....	50
38. Dünamo seisumajätmine.....	51
39. Dünamotes tekkivate rikete põhjused ja nende kõrvaldamine.....	51

II. Elektromootorid.

40. Töötamise põhimõte.....	55
41. Dünamomasina pöörduvus.....	55
42. Elektromootori tiirlemise suund.....	56
43. Elektromootorite tüübid.....	57
44. Vastusuunaline elektromotoorne jõud.....	58
45. Ankruvoolu tugevus.....	58
46. Pöördemoment.....	59
47. Haruvoolu-mootor.....	60
48. Peavoolu-mootor.....	60
49. Kompaund-mootor.....	61
50. Ankru reaktsioon.....	62
51. Käivituserestaat.....	62
52. Elektromootori tiirude reguleerimine.....	65
53. Elektriline pidurdamine.....	67
54. Kombineeritud reostaat.....	69
55. Reversiivreostaat.....	69
56. Kontroller.....	71
57. Releejuhtimine.....	72
58. Vard-Leonardi süsteem.....	73
59. Elektromootorite konstruktsioon ja hooldamine.....	75

III. Elektrivalgustus.

Kaarlambid.

60. Volta-kaar.....	76
61. Volta-kaare põlemise tingimused.....	78

III

62.	Kaarlampide automaatregulaatorid.....	79
63.	Peavoolu-regulaator.....	80
64.	Haruvoolu-regulaator.....	80
65.	Differentsiaal-regulaator.....	81
	Helgiheitjad.	
66.	Helgiheitja ehituse põhimõtted.....	83
67.	Peegel.....	85
68.	Harilikud kaarlambid.....	86
69.	Kõrgintensiivsusega kaarlambid.....	88
70.	Helgiheitjate konstruktsioon.....	89
71.	Helgiheitjate kasutamine laevadel.....	91
72.	Käsitsi reguleeritava helgiheitjaga töö- tamise reeglid.....	92
73.	Helgiheitjate üldine hooldamine.....	93
	Hõõgvalgustus.	
74.	Hõõglambid.....	94
75.	Söenitlamp.....	95
76.	Õhutühjad metallnitlampid.....	97
77.	Gaasiga täidetud lambid.....	98
78.	Soklid.....	99
79.	Lambipesad.....	100
80.	Lülitajad.....	100
81.	Armatuurid.....	101
82.	Stepslid.....	102
83.	Signaaltuled.....	102

IV. Voolujaotus laevadel.

84.	Vooluliik ja pinge.....	104
85.	Voolujaotuse süsteemid.....	105
86.	Voolukaablid.....	108
87.	Kaablite vedu.....	111
88.	Magistraallülitajad.....	113
89.	Kaitsed ja harukarbid.....	114
90.	Kaablijätkud ja otsad.....	117
	Isolatsiooni kontrollimine.	
91.	Kereühenduse kontrollimine hõõglampidega	117
92.	Kereühenduse kontrollimine voltmeetriga	118
93.	Induktor.....	119
94.	Megger.....	120
95.	Laeva vooluvõrgu isolatsiooni kontrolli- mine.....	122

96. Isolatsiooniviigastuse koha määramine..	123
---	-----

V. Elektrijõulised laevamehhanismid.

97. Ventilaatorid.....	125
98. Pumbad.....	128
99. Kompressorid.....	130
100. Elektrivintsid.....	131
101. Ankruspillid.....	133
102. Liftid.....	134
103. Kraanad.....	136
Elektri-roolimasinad.	
104. Elektri-roolimasinate konstruktsioon...	137
105. Roolimasina mootor.....	142
106. Mehhaanilise juhtimisega elektri-rooli- masinad.....	143
107. Elektriline juhtimise ülekanne.....	145
108. Otsejuhitavad elektri-roolimasinad.....	147
109. Kokkuvõtte elektri-roolimasinate kohta.. Elektriline jõuülekanne peamasinailt propellerile.	151
110. Turboelektrilised jõuseadised.....	152
111. Dieselelektrilised jõuseadised.....	153

VI. Laeva nõrkvoolu-seadised.

Telefon.	
112. Telefoni põhimõte.....	155
113. Telefoni konstruktsioon.....	156
114. Mikrofoni põhimõte ja konstruktsioon...	157
115. Induktsioonipool.....	158
116. Kahe telefoniaparaadi ühendus.....	159
117. Kutsete saatmine ja vastuvõtmine.....	160
118. Vinn- ja kahvellülitajad.....	160
119. Telefoniaparaadi skeem.....	161
120. Üldmõisted ümberlülitajatest ja kommu- taatoritest.....	162
121. Laeva tüüpi telefoniseadised.....	164
Elektrilised masinatelegraafid.	
122. Elektriliste masinatelegraafide tüübid.	166
123. Alalise voolu näidete ülekandjad.....	167
124. Vahelduva voolu näidete-ülekandjad.....	169

125. Elektriliste masinatelegraafide konstruksioon.....	171
Elektrilised tahhomeetrid.	
126. Elektriliste tahhomeetrite põhimõtte...	172
127. Elektriliste tahhomeetrite konstruksioon	174
Elektrilised kaugnäitajad termomeetrid.	
128. Püromeeter.....	175
129. Takistustermomeetrid.....	176
130. Tulekahju-teatajad.....	178
131. Põlemisgaaside-proovijad.....	180
132. Osooni valmistamise seadised.....	182
133. Elektriküte.....	184
134. Vurrkompassid.....	186
135. Forbsi logi.....	188

VII. Vahelduv vool.

136. Üldmõisted.....	191
137. Vahelduva voolu tugevus.....	192
138. Vahelduva elektromotoorse jõu ja voolutugevuse efektiivsed suurused.	195
139. Vahelduva voolu võimsus.....	195
140. Vahelduva voolu generaatorid.....	195
141. Kolmefaasilise voolu generaatorid.....	196
142. Generaatorite pöördumus.Sünkroonmootorid.....	199
143. Tiirlev magnetivoog.Asünkroonmootorid.	200
144. Transformaatorid.....	201

2. Üldmõiste

reiks nimetata... masinaid, mis teotavad... mehaanilise energia... elektrivooluks. tekitava voolu liigile vastava... generaatorid ja... vahelduva voolu ja vahelduva voolu masinaiks. Alalise voolu masinaid nimetatakse dünamo... masinaiks, vahelduva voolu masinaid generaatoreiks ehk alternatoreiks.

Leitud trükihead.

Lnk.	Rida		On trükitud	Peab lugema
	Ülevalt	Alt		
7	14	--	magneetilist	magneetilist
7	--	6&7	osa ankrumähisest	ankrumähis
11	--	15	elektromagnetide	elektromagnetite
18	--	14	Ergutusahelasse	Ergutuseahelasse
21	--	7	tõusta Suuruselt	tõusta. Suuruselt
29	--	2	bandaazidega	bandaazidega
30	2	--	bandaazidega	bandaazidega
39	1	--	eest. mis	eest, mis
42	--	15	736	0,736
43	21	--	eivaja	ei vaja
56	--	2	vastupidine kellaosuti liikumisele	ühesugune kellaosuti liikumisega
64	--	7	vedru /m/	vedru /n/
74	2	--	Mootor /M ₂ /	Mootor /M ₁ /
91	--	15	konstruktsioonile	konstruktsioonilt
100	1	--	/d/ ja /e/	/e/ ja /e/
112	16	--	veekindlasti	veekindlalt
135	--	11	nad .	need
143	1	--	elektriroolimasin, on	elektriroolimasin on
143	--	9	võllüenduse	võllühenduse
146	--	21	kaid	vaid
182	--	5	selajal	sel ajal
196	8	--	kaks	kuus
200	--	9	momenti	momenti

I. D Ü N A M O M A S I N A D.

1. Elektromagnetiline induktsioon. Dünamomasinate töötamine põhjeneb elektromagnetilise induktsiooni nähtel, mille avastas aastal 1831 inglise õpetlane Faraday. Elektromagnetilise induktsiooni nähet võime üldjoontes määrata järgmiselt.

Kui mingi juhtme või magnetivälja liikumisel juhe lõikab magnetijõujooni, siis juhtmes indutseerub elektromotoorne jõud ja, kui juhe on lülitatud mingisugusse ahelasse, siis tekib selles induktsioonivool. Indutseeritud elektromotoorne jõud tekib ainult juhtme või magnetivälja liikumisel ja kaob kohe liikumise lõppedes.

Indutseeritud elektromotoorsel jõul on kindel suund, mida võime määrata alljärgneva paremakäeseaduse abil:

Kui asetame parema käe nii, et jõujooned tulevad peopesasse ja väljasirutatud põial näitab juhtme liikumise suunda, siis sõrmed näitavad indutseeritud elektromotoorse jõu suunda.

Indutseeritud elektromotoorse jõu suurus oleneb jõujoonte arvust, mida juhe lõikab ajaüksuses. Kui, näiteks, juhe pikkusega l on asetatud magnetivälja tugevusega H perpendikulaarselt jõujoontele ja liigub perpendikulaarselt jõujoontele kiirusega v , siis juhtmes indutseerub elektromotoorne jõud:

$$E = H \cdot l \cdot v \text{ absoluutset üksust või}$$

$$E = H \cdot l \cdot v \cdot 10^{-8} \text{ volti.}$$

Valem näitab, et indutseeritud elektromotoorne jõud on proportsionaalne magnetivälja tugevusega, juhtme pikkusega ja liikumise kiirusega.

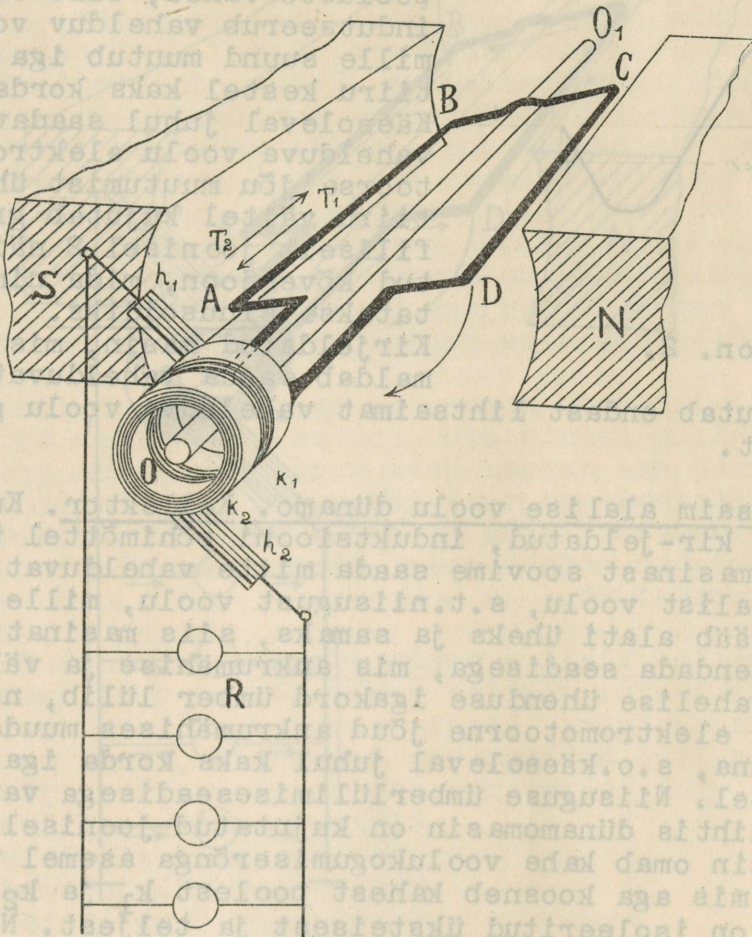
2. Üldmõiste generaatorist. Elektrivoolu generaatoreiks nimetatakse masinaid, mis töötavad ümber mehaanilise energia elektrivooluks. Tekitatava voolu liigile vastavalt generaatorid jagunevad alalise voolu ja vahelduva voolu masinaiks. Alalise voolu masinaid nimetatakse dünamomasinaiks, vahelduva voolu masinaid generaatoreiks ehk alternaatoreiks.

Dünamomasinais vool tekib elektromagnetilise induktsiooni põhimõttel. Igal dünamol on kaks peaosat: ankur ja magnetid. Ankur kujutab enesest raudsilindrit või rõngast, millele on mähitud n.n. ankrumähis. Ankur tiirleb magnetipooluste vahel, ankrumähise juhtmed lõikavad jõujooni ja mähises indutseerub elektromotoorne jõud.

Dünamomasinate magnetid võivad olla kas permanentsed terasmagnetid või elektromagnetid. Terasmagnetitega dünamoid nimetatakse magnet-elektrimasinaiks, neid kasutatakse ainult nõrkvoolutehnikas. Kõik tugevvoolu dünamomasinad on varustatud elektromagnetitega. Dünamo magnetipooluste arv võib olla 2, 4, 6 või veel suurem, kuid alati paarisarv.

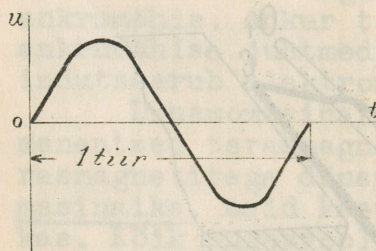
3. Lihtsaim vahelduva voolu generaator. Lihtsaim vahelduva voolu generaator on näidatud joonisel 1. Siin N ja S on generaatori magnetipoolused. Nende vahel olev magnetiväli on teatavasti suundud N pooluselt S poolusele; teiste sõnadega, jõujooned tulevad N poolusest ja lähevad läbi poolustevahelise ruumi S poolusesse. Pooluste vahele on asetatud ankrumähis, mis antud juhul koosneb vaid ühest rõngast A - B - C - D. Joonisel puudub ankrusüdamik, millel mähis harilikult asub. Mähis tiirleb ümber telje O - O₁, mis asetatud perpendikulaarselt magnetiväljale. Ankrumähise otsad on ühendatud kahe kontaktrõngaga k₁ ja k₂, mis on kinnitatud teljele, kuid sellest isoleeritud. Rõngaste vastu on surutud paigalseisvad harjad h₁ ja h₂, mis on ühendatud välisahelaga R. Mähise tiirlemisel harjad libisevad kontaktrõngastel ja loovad seega pideva ühenduse tiirleva mähise ja välisahela vahel.

Mähise tiirlemisel tema külgujuhtmed lõikavad jõujooni ja selletõttu tekib induktsioonivool mähises ja sellega järjestikku ühendatud välisahelas. Kasutades varemalt toodud parema-käeseadust ei ole raske jälgida induktsioonivoolu suunda tiiru vältel. Esimese poolringi vältel, kui juhe A - B asub S magnetipooluse



Joon. 1.

juures, vool läbibistab ankrumähise ja välisahela noolega T_1 näidatud suunas. Teise poolringi vältel, kui juhe A - B asub N magnetipooluse juures, voolu suund on eelmisele vastupidine, nagu näidatud noolega T_2 .



Joon. 2.

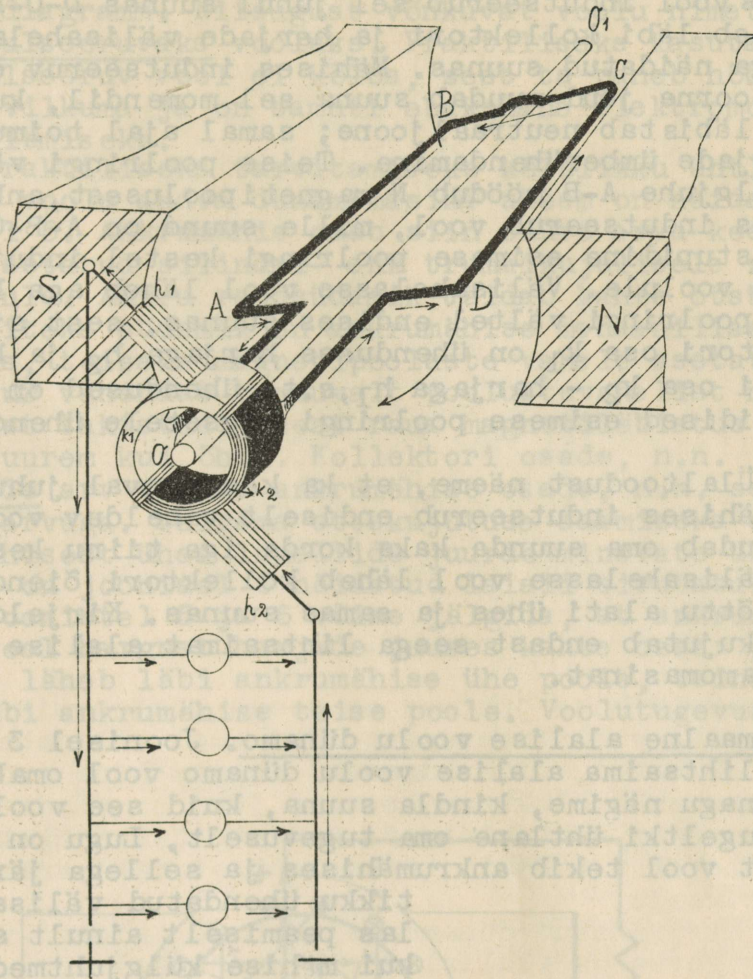
lu, kujutab endast lihtsaimat vahelduva voolu generaatorit.

4. Lihtsaim alalise voolu dünamo. Kollektor. Kui eelpool kirjeldatud, induktsiooni põhimõttel töötavast masinast soovime saada mitte vahelduvat, vaid alalist voolu, s.t. niisugust voolu, mille suund jääb alati üheks ja samaks, siis masinat tuleb täiendada seadisega, mis ankrumähise ja välisahela vahelise ühenduse igakord ümber lüübib, niipea kui elektromotoorne jõud ankrumähises muudab oma suuna, s.o. käesoleval juhul kaks korda iga tiiru vältel. Niisuguse ümberlüümiseseadisega varustatud lihtis dünamomasin on kujutatud joonisel 3. See masin omab kahe voolukogumiserõnga asemel üheainsa, mis aga koosneb kahest poolest k_1 ja k_2 . Pooled on isoleeritud üksteisest ja teljest. Niisugust üksikutest osadest koosnevat kontaktrõngast nimetatakse kollektoriks. Kollektori välispinnal libisevad harjad, mis siin on asetatud üksteise vastu magnetipooluste keskele, joonele, mis on perpendikulaarne jõujoontele. Seda keskmist joont nimetatakse neutraaljooneks.

On selge, et kui nüüd mähis ühes kollektoriga hakkab tiirlema, siis kollektori pooled k_1 ja k_2 ühenduvad kord ühe, kord teise harjaga. Kuna need ümberühendamised toimuvad üheaegselt ankr-

Kokkuvõttes selgub, et kui mähis tiirleb magnetipooluste vahel, siis temas indutseerub vahelduv vool, mille suund muutub iga tiiru kestel kaks korda. Käesoleval juhul saadava vahelduva voolu elektromotoorse jõu muutumist ühe tiiru vältel kujutab graafiliselt joonisel 2 näidatud kõverjoon, mida nimetatakse sinusoidiks.

Kirjeldatud masin, mis võimaldab saada vahelduvat voo-



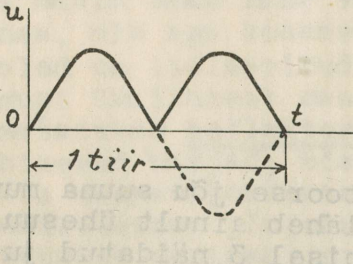
Joon. 3.

mähises indutseeruva elektromotoorse jõu suuna muutumistega, siis välisahelasse läheb ainult ühesuunaline, s.o. alaline vool. Joonisel 3 näidatud juhul selle aja jooksul, kui külgjuhe A-B möödub S magnetipoolusest, on harjaga h_1 ühenduses kollektori osa k_1 , harjaga h_2 - kollektori osa k_2 . Ankrur-

mähises vool indutseerub sel juhul suunas D-C-B-A ja läheb läbi kollektori ja harjade välisahelasse noolega näidatud suunas. Mähises indutseeruv elektromotoorne jõud muudab suuna sel momendil, kui mähis läbib neutraaljoone; samal ajal toimub ka harjade ümberühendamine. Teise poolringi vältel, kui külgsuhte A-B möödub N magnetipoolusest, ankrumähises indutseerub vool, mille suund on A-B-C-D, s.t. vastupidine esimese poolringi kestel indutseeruvale voolule. Välisahelasse vool läheb aga ka teise poolringi vältel endises suunas, sest siis kollektori osa k_1 on ühenduses harjaga h_2 ja kollektori osa k_2 - harjaga h_1 , s.t. ühendused on vastupidised esimese poolringi aegsetele ühendustele.

Ülaltoodust näeme, et ka käesoleval juhul ankrumähises indutseerub endiselt vahelduv vool, mis muudab oma suunda kaks korda iga tiiru kestel, kuid välisahelasse vool läheb kollektori õiendava mõju tõttu alati ühes ja samas suunas. Kirjeldatud masin kujutab endast seega lihtsaimat alalise voolu dünamomasinat.

5. Normaalne alalise voolu dünamo. Joonisel 3 näidatud lihtsaima alalise voolu dünamo vool omab küll, nagu nägime, kindla suuna, kuid see vool ei ole kaugeltki ühtlane oma tugevuselt. Lugu on selles, et vool tekib ankrumähises ja sellega järjestikku ühendatud välisahelasse peamiselt ainult siis, kui mähise külgsuhtmed mööduvad magnetipooluste otsetest. Kui aga külgsuhtmed liiguvad ühe magnetipooluse juurest teise juurde, siis nad lõikavad vähe jõujooni ja mähises voolu ei indutseeru pea sugugi. Välisahelasse käesoleval juhul tekkiva voolu tugevuse muutumist näitab joonisel 4

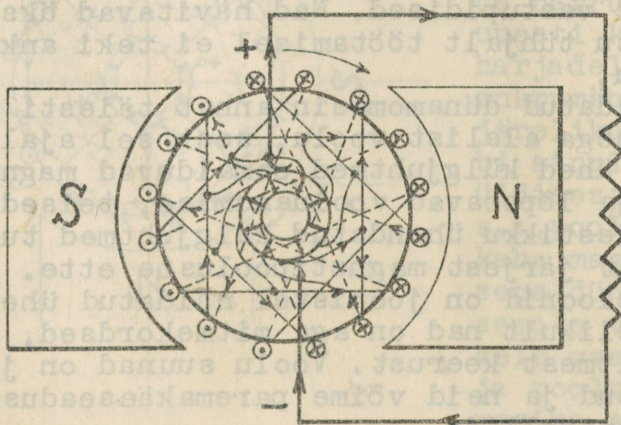


Joon. 4.

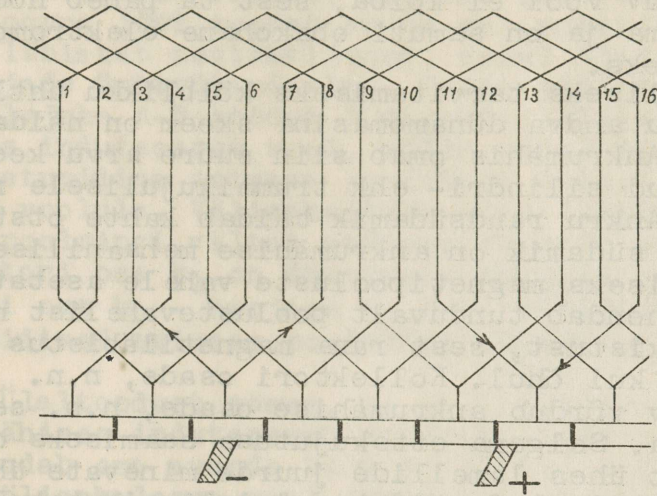
toodud diagramm. Niisugust võnkuvat voolu nimetatakse pulseeruvaks vooluks. Praktiliseks kasutamiseks pulseeruv vool ei kõlba, sest ta paneb hõõglambid vilkuma ja on samuti ebakohane elektromootorite toitmiseks.

Praktiliseks tarvitamiseks kõlblikku ühtlast alalist voolu andva dünamomasina skeem on näidatud joonisel 5. Ankrumähis omab siin suure arvu keerde ja on asetatud silindri- ehk trummikujulisele raudsüdamikule. Ankra raudsüdamik täidab kahte otstarvet. Esiteks südamik on ankrumähise mehaaniliseks kandjaks, teiseks magnetipooluste vahele asetatud raudankur vähendab tunduvalt poolustevahelist magnetilist takistust, sest raua magnetiläbistus on palju suurem kui õhul. Kollektori osade, n.n. lamellide arv võrdub ankrumähise osade, n.n. sektsioonide arvuga. Selgema ettekujutuse saamiseks osa ankrumähisest ühes lamellide juurde minevate ühendustega on joonisel 6 näidatud laiali sirutatult.

Joonistel 5 ja 6 võime jälgida, et ankrumähises vool hargneb harjade juures kahte ossa: pool voolust läheb läbi ankrumähise ühe poole, teine pool läbi ankrumähise teise poole. Voolutugevus



Joon. 5.



Joon. 6.

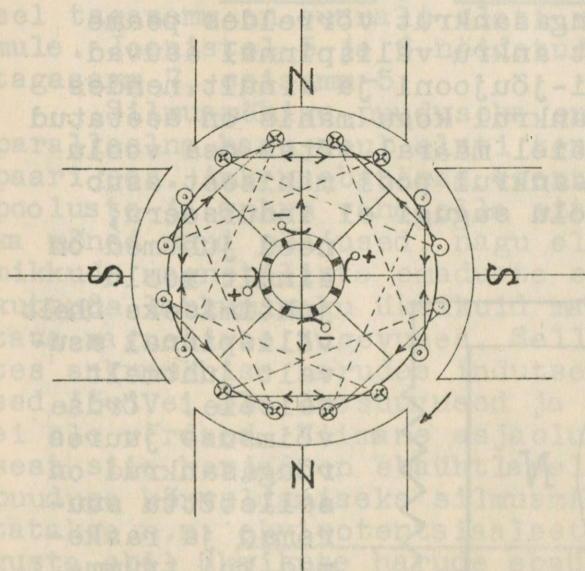
igas ankrumähise juhtmes on seega poole väiksem välisahela voolutugevusest. Kui vool välisahelasse on katkestatud, siis kummaski ankrumähise pooles indutseeruvad elektromotoorsed jõud on võrdsed, kuid suunalt vastupidised. Nad hävitavad üksteise ja selletõttu tühjalt töötamisel ei teki ankrus mingit voolu.

Kirjeldataud dünamomasin annab täiesti üheta- sase tugevusega alalist voolu, sest sel ajal, kui ankrumähise ühed külgujuhtmed eemalduvad magneti- poolustest ja lõpetavad vooluandmise, teised, en- distega järjestikku ühendatud külgujuhtmed tulevad teiselt poolt järjest magnetipooluste ette. Ankrumähise sektsioonid on joonistel näidatud ühekord- setena, tegelikult nad on aga mitmekordsed, s.t. koosnevad mitmest keerust. Voolu suunad on jooni- sel 5 märgitud ja neid võime paremakäeseaduse abil hõlpsasti kontrollida.

6. Mitme magnetipoolusega dünamod. Tugevvoolu dünamotes magnetipooluste arv on alati suurem kahest. Laevadünamod on harilikult nelja magnetipoolusega, kuid tuleb ette ka kuue, kaheksa ja erikordadel veelgi suurema arvu poolustega dünamoid. Kahe magnetipoolusega dünamoid ei ehitata sellepärast, et need tuleksid tunduvalt suuremad ja raskemad kui samasuguse võimsusega, kuid suurema arvu poolustega dünamod.

Nelja magnetipoolusega dünamomasin on näidatud skemaatilisel joonisel 7. Magnetipoolused, nagu näeme, seisavad vaheldumisi, s.t. N, S, N ja S. Ankrumähise iga külgjuhe peab mööduma ühe tiiru vältel neljast magnetipoolusest ja selletõttu igas külgjuhtmes indutseerub vool igal tiirul neli korda. Neutraaljooni on kaks ja sellele vastavalt on harju neli. Diametraalselt vastupidised harjad on ühenimelised ja on omavahel ühendatud. Kui jälgime voolu teed ankrus, siis võime veenduda, et ankrumähises vool hargneb nelja harru.

Välisahelast tulles vool hargneb esiteks kahte miinusharja ja siis veel ankrumähises 4 kahte harru, tulles uuesti kokku plussharjadele. Igast ankrumähise osast järelikult käib läbi ainult neljandik üldisest voolust, s.t. poole vähem kui kahe magnetipoolusega dünamos. Väiksemale voolutugevusele vastavalt nelja poolusega dünamomasina ankrumähis võib olla väiksema



Joon. 7.

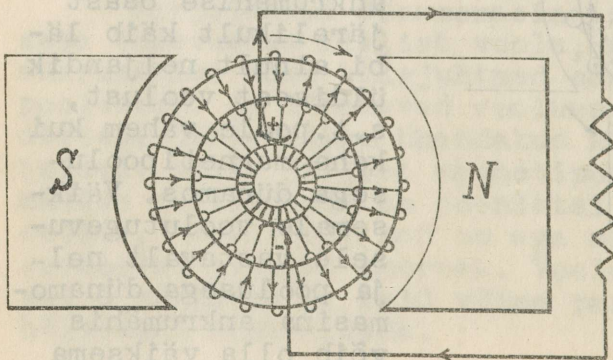
põiklõikega kui samavõimsal kahepoolusega dünamol. Harjade arv alati võrdub magnetipooluste arvuga ja harjad on asetatud nii, et ankrumähise sektsioonid asuvad ümberühendamise momendil neutraaljoontel.

7. Ankrute tüübid. Eelmistel joonistel kujutatud ankruid, mis sarnanevad silindrile ehk trummile, nimetatakse trummankruteks. Peale selle on veel olemas teine ankrutüüp, n.n. rõngasankur, mille kuju ja mähise skeem on näidatud joonisel 8. Samuti nagu trummankrutel, on ka rõngasankru mähis jagatud üksikutesse sektsioonidesse, - käesoleval korral on neid 24. Joonise lihtsustamiseks iga sektsioon on kujutatud koosnevana ainult ühest keerust, kuna tegelikult on igas sektsioonis mitu keerdu. Vool hargneb ankrumähises kahte harru, igas harus on 12 sektsiooni järjestikku. Kollektori lamellide arv võrdub ka siin ankrumähise sektsioonide arvuga.

Kirjeldatud rõngasankrut nimetatakse veel Grammi rõngaks.

Trummankrut ja rõngasankrut võrreldes peame silmas pidama, et ainult ankru välispinnal asuvad juhtmed lõikavad magneti-jõujooni ja ainult nendes indutseerub vool. Trummankrul kogu mähis on asetatud ankru välispinnale ja täiel määral võtab osa voolu indutseerimisest. Rõngasankrul pool mähisest asub ankru sees ja selles voolu sugugi ei indutseeru;

need juhtmed on ainult voolu juhtimiseks ühelt välispinnal asuvalt juhtmelt teisele. Võrdse võimsuse juures rõngasankrud on selletõttu suuremad ja raske-
mad kui trummankrud. Rõngasankru paremuseks on ta mähise



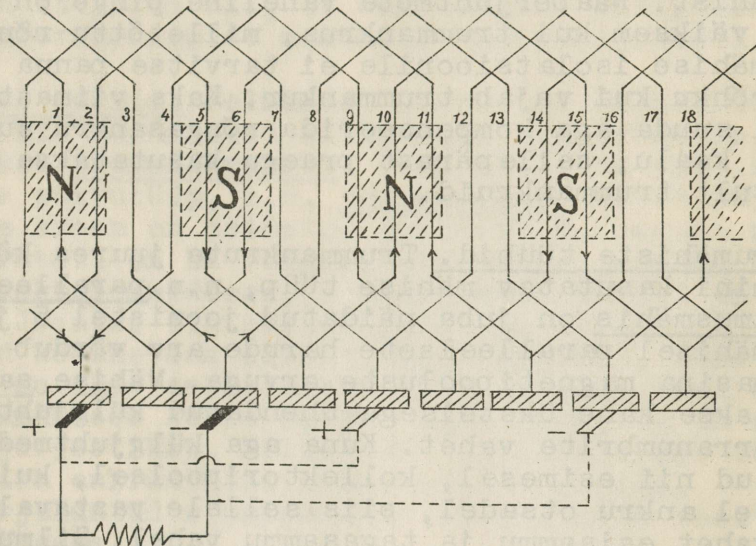
Joon. 8.

lihtsus, milletõttu üksikuid sektsioone saab järele vaadata ja parandada, ilma et tarvitseks maha võtta kogu mähist. Naaberjuhtmete vaheline pinge on rõngasankrus väiksem kui trummankrus, milletõttu rõngasankru mähise isolatsioonile ei tarvitse panna nii suurt rõhku kui vajab trummankur. Kaks viimast paremust ei suuda aga kompenseerida rõngasankru suuremat kogu ja kaalu, sellepärast praegu kasutatakse pea eranditult trummankruid.

8. Ankrumähiste tüübid. Trummankrute juures kõige sagedamini kasutatav mähise tüüp, n.n. paralleel- ehk silmusmähis on juba näidatud joonistel 5 ja 6. Silmusmähisel paralleelsete harude arv võrdub alati dünamomasina magnetipooluste arvuga. Mähise sammuks nimetatakse kahe üksteisega ühendatud külgujuhtme järjekorranumbrite vahet. Kuna aga külgujuhtmed on ühendatud nii esimesel, kollektoripoolisel, kui ka tagumisel ankruga otsadel, siis sellele vastavalt tehakse vahet esisammu ja tagasammu vahel. Silmusmähisel tagasamm on suunalt alati vastupidine esisammule. Joonistel 5 ja 6 näidatud silmusmähisel on tagasamm 7, esisamm-5.

Silmusmähise puuduseks on asjaolu, et iga mähise paralleelne haru asub alati teatava magnetipooluste paari ees. Ankruga ebatäpse tsentreerimise tõttu võib pooluste ja ankruga vahe olla mitmesugune; peale selle ka mõned muud põhjused, nagu elektromagnetide südamikude magnetiliste omaduste erinevus, võivad esile kutsuda lahkuminekku üksikuid magnetipooluseid läbitava magnetivoo tugevuses. Selle tagajärjel üksikutes ankrumähise harudes indutseeruvad elektromotoor- sed jõud ei ole ühesuurused ja voolutugevused harudes ei ole võrdsed. Viimane asjaolu aga on mittesoovitav, sest siis harjad on ebaühtlaselt koormatud. Selle puuduse kõrvaldamiseks silmusmähised mõnikord varustatakse n.n. ekvipotentsiaalsete ühendustega, missuguste abil üksikute harude ebaühtlused tasakaalustatakse ankruga sees ja koormatus jaguneb harjadele ühtlaselt.

Järjestik- ehk laineline mähis on kujutatud laiail sirutatult joonisel 9. Seda tüüpi mähisel on



Joon. 9.

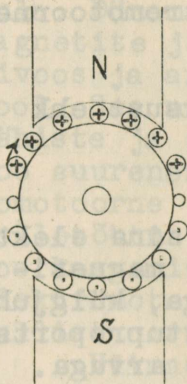
ainult kaks paralleelset haru sõltumatult dünamomasina magnetipooluste arvust. Lainelises mähises, järelilikult, suur arv küljjuhtmeid on ühendatud üksteisega järjestikku, mille tõttu see mähise tüüp eriti sobib kõrgepingelistele või väiksete tiirudega dünamotele. Lainelisel mähisel on mõlemad sammud, s.o. esisamm ja tagasamm, ühesuunalised. Joonisel 9 näidatud mähisel, näiteks, on esisamm 5 ja tagasamm 5, mõlemad positiivsed. Kuna järjestik-või lainelisel mähisel on ainult kaks paralleelset haru, siis võib oletada, et siin jätkub ainult ühest harjapaarist (mustad harjad joonisel 9). Suuremalt jaolt aga järjestikmähisega ankrutes pannakse harju samapalju kui magnetipooluseid, et seega vähendada üksikute harjade koormatust. Lisaharjad on samal joonisel näidatud valgelt ja nende ühendusjuhtmed punktiiriga. Lisaharjad asuvad, samuti nagu peaharjad, neu-

traaljoontel.

Lainelise mähise paremuseks võrreldes silmusmähisega on asjaolu, et siin kummaski paralleelses harus järjestikku ühendatud külguhtmed asuvad mitmesuguste magnetipooluste ees, mille tõttu dünamomasina ebasümmeetrilikkused tasandatakse ja paralleelsetes haruses indutseeruvad elektromotoorsed jõud on alati võrdsed.

Järjestik-paralleelne mähis koosneb mitmest järjestikmähisest, mis ühendatud omavahel paralleelselt. Seda tüüpi mähist kasutatakse suure võimsusega ja suure magnetipooluste arvuga dünamomasinates.

9. Dünamomasina elektromotoorne jõud. Dünamomasinas indutseeruva elektromotoorse jõu matemaatilise väljenduse leidmiseks võtame esiteks kahe magnetipoolusega dünamomasina (joonis 10).



Joon. 10.

Võtame järgmised tähendused: Φ - ankrut läbistavate magnetijõujoonte arv, z - ankrute külguhtmete arv ja N - ankrute tiirude arv sekundis. Ankrute iga külguhte läikab ühe tiiru vältel 2Φ jõujoont. Aega kulub selleks $1/N$ sekundit. Kuna indutseeritud elektromotoorse jõu suurus võrdub ühes sekundis läigatud jõujoonte arvuga, siis ühes külguhtmes indutseeruv elektromotoorne jõud võrdub:

$$e = \frac{2 \Phi}{1/N} = 2\Phi N.$$

Kuna kahe magnetipoolusega dünamomasina ankrumähisel on kaks paralleelset haru, siis kummaski harus järjestikku ühendatud külguhtmete arv võrdub $z/2$. Järjestikku ühendatud külguhtmetes indutseeritud elektromotoorsed jõud liituvad ja kokkuvõetult kahe magnetipoolusega dünamomasina üldine elektromotoorne jõud võrdub:

$$E = e \cdot z/2 = 2\Phi N \cdot z/2 = z\Phi N \text{ abs. üksust ehk}$$

$$E = z\Phi N \cdot 10^{-8} \text{ volti.}$$

Edasi minnes mitme magnetipoolusega dünamomasinate juurde, võtame lisaks eelmistele veel järgmised tähendused: $2p$ - dünamomasina magnetipooluste arv ja $2a$ - ankrumähise paralleelsete harude arv.

Ühe tiiru vältel iga külgjuhe lõikab $2p\Phi$ jõujoont, ühe sekundi vältel $1/N$ korda vähem, s.t.:

$$e = \frac{2 p \Phi}{1/N} = 2 p \Phi N.$$

Igas paralleelses harus järjestikku ühendatud külgjuhtmete arv võrdub $z/2a$ ja, kuna dünamo üldine elektromotoorne jõud võrdub järjestikku ühendatud külgjuhtmete elektromotoorsete jõudude summaga, siis dünamomasina üldine elektromotoorne jõud võrdub:

$$E = 2 p \Phi N \cdot z/2a = p/a \cdot z \Phi N \text{ abs. üksust ehk}$$

$$E = p/a \cdot z \Phi N \cdot 10^{-8} \text{ volti.}$$

Viimane valem näitab, et dünamomasina elektromotoorne jõud on päriproportsionaalne magnetipooluste arvuga, magnetijõujoonte arvuga, külgjuhtmete arvuga ja ankru tiirudega ning vastuproportsionaalne ankrumähise paralleelsete harude arvuga. p , a ja z on valmishitatud dünamol muutmatud, ankru tiirud hoitakse harilikult ka konstantsed. Dünamo töötamisel muudetakse elektromotoorset jõudu magnetivoo tugevuse muutmisega.

Dünamomasinate tüübid ja nende omadused.

10. Välisergutusega ja omaergutusega dünamod.

Kuni 1867. aastani dünamod ehitati nii, et nende elektromagneteid toideti dünamost lahus oleva magnetelektrimasina vooluga. Niisugust ergutuseviisi nimetame välisergutuseks. Hiljem, kui tutvuti terase järelmagnetismiga, loobuti sellisest keerukast seadisest. Praegu tarvitusel olevatel dünamomasinatel elektromagneteid toidetakse dünamo enese vooluga. Elektromagnetite südamikud niisugusel juhul valmistatakse terasest. Terassüdamikuga elektromagnetid magneetuvad küll aeglasemalt, kuid voolu katkestamisel nende magnetivoog ei kao täielikult. Dünamo käimalaskmisel ankur tiirleb elektromagnetite järelmagnetismist tingitud nõrgas magnetivoos ja ankrumähises indutseerub selletõttu nõrk vool. See nõrk vool liigub läbi elektromagnetite mähiste ja suurendab nende magnetivoogu. Magnetivoo suurenemisel indutseerub ankrus tugevam elektromotoorne jõud, suureneb ergutusevoolu tugevus ja selletõttu veelgi tugevneb magnetivoog. Magnetivoo kasvamisel uuesti kasvab ankrus indutseeruv elektromotoorne jõud ja niiviisi pinge kasvab nullist normaalse suuruseni.

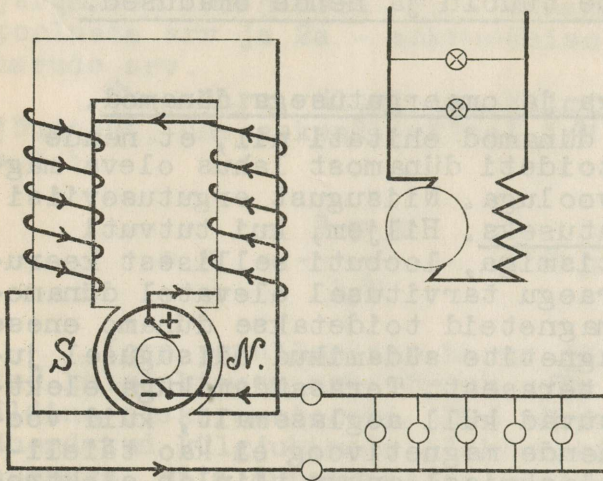
Viimati kirjeldatud ergutuseviisiga dünamoid nimetatakse omaergutusega dünamoteks. Kõik praegu tarvitusel olevad dünamod kuuluvad pea erandita sellesse liiki. Ergutuseahela ühenduseviisi järgi omaergutusega dünamod jagunevad kolme liiki:

1) peavoolu- ehk seeriesdünamod,

2) haruvoolu- ehk šuntdünamod ja

3) kompaund-dünamod.

11. Peavoolu-dünamo. Peavoolu- ehk seeriesdünamo ja



Joon. 11.

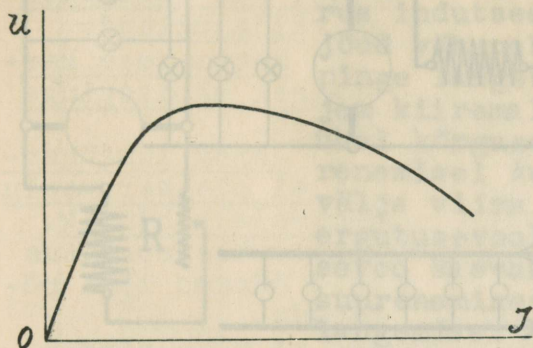
selle skeem on näidatud joo- nisel 11. Pea- voolu-dünamos ergutusemähis on ühendatud ankruga järjes- tikku. Vool tu- leb ankrust plussharja, lä- heb ergutusemä- hisesse, sealt välisahelasse ja tuleb miinus- harja kaudu ankrusse tagasi. Kogu ankruvool läheb seega lä- bi ergutusemä-

hise. Ergutusemähis on suure läbilõikega juhtmet ja väikse keerdude arvuga. Ergutusemähise takis- tus peab olema võimalikult väike, et hoida ära suurt pingekaotust ergutusemähises.

Tühjalt töötades peavoolu-dünamo ei magneetu, sest siis ergutusemähis on vooluta. Voltmeeter näi- tab siis ainult 2-3 volti, milline vool indutsee- rub ankrus elektromagnetite järelmagnetismi mõjul. Ka suure takistusega välisahela sisselülimisel dü- namo ei võta veelgi pinget üles; suure takistuse tõttu välisahelast ja järjelikult ka ergutusemähi- sest läbiminev vool on nõrk ja ei suuda elektro- magneteid küllaldaselt magneetida, sest ergutuse- mähise keerdude arv on väike. Alles siis, kui vä- lisahelast ja ühtlasi ka ergutusemähisesest läbimi- nev vool muutub tugevamaks, elektromagnetid magnee- tuvad ja ankrus indutseerub suurem pinge. Mida suuremaks kasvab dünamo koormatus, seda enam tugev- neb ergutusevoog ja seda suurem pinge indutseerub ankrus.

Kui mingil põhjusel välisahela takistus muu- tub liiga väikseks, siis voolutugevus tõuseb suureks,

ergutusevoog kasvab, ankrus indutseerub suur pinge voolutugevus veelgi tõuseb ja muutub nii suureks, et ankru- ja ergutusemähised põlevad läbi.



Joon. 12.

siis magnetipoolused magneetuvad ümber, sest siis välisvool läheb läbi ergutusemähise vastupidises suunas. Übermagneeditud dünamo hakkab voolu andma vastupidises suunas.

Kokkuvõetult peavoolu-dünamo omadused on seega järgmised:

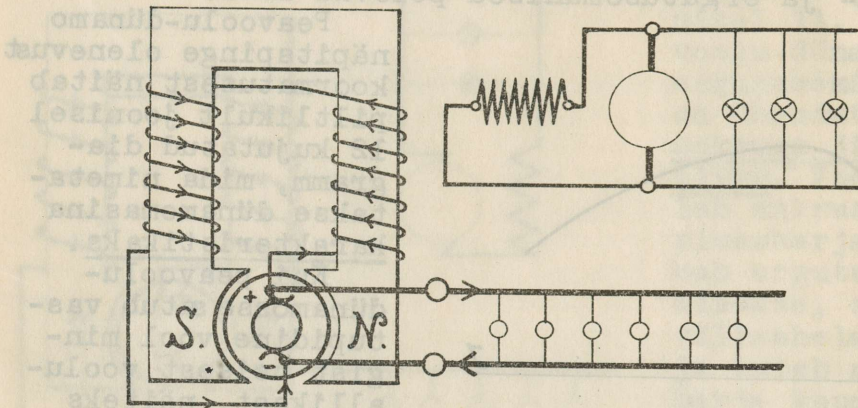
- 1) Tühjalt töötades peavoolu-dünamo ei võta pinget üles. Suurem pinge indutseerub ankrus alles siis, kui voolutugevus tõuseb teatava suuruseni.
- 2) Koormatuse suurenemisel dünamo näpitspinge tõuseb.
- 3) Lühiühendus välisahelas põletab dünamo läbi.
- 4) Vastupidine välisvool magneetib dünamo ümber.

Peavoolu-dünamo ei kõlba valgustamiseks, sest koormatuse muutumisel muutub ka dünamo näpitspinge. Peavoolu-dünamoid üldiselt kasutatakse harva ja ainult eriotstarbeks, nagu kaerlampide toitmiseks.

Peavoolu-dünamo näpitspinge olenevust koormatusest näitab piltlikult joonisel 12 kujutatud diagramm, mida nimetatakse dünamomasina karakteristikaks.

Kui peavoolu-dünamosse satub vastupidine vool mingist teisest vooluallikast, näiteks akkumulaatoritest,

12. Haruvoolu-dünamo. Joonisel 13 näidatud dünamol

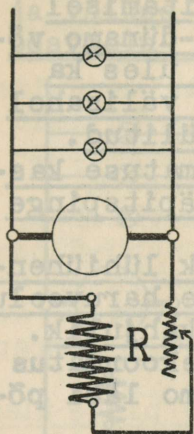


Joon. 13.

ergutusemähis on ühendatud välisahelaga paralleelselt. Niisugust dünamot nimetatakse haruvoolu-dünamoks. Ankruga vool tuleb plusscharja ja seal hargneb; suurem osa läheb välisahelasse, väiksem osa - ergutusemähisesse. Miinusharja kokku tulles vool läheb ankrusse tagasi. Ergutusemähis on väikse läbilõikega juhtmetest ja suure keerdude arvuga. Ergutusemähise takistus on suur, selletõttu ergutusevoolu tugevus on väike ja moodustab kõigest mõne protsendi dünamo üldisest voolutugevusest.

Ergutuseahelasse on harilikult lülitatud reostaat (R), mida nimetatakse šuntreostaadiks (joonis 14). Selle reostaadi abil võime reguleerida voolutugevust ergutuseahelas. Reostaadi väljaviimisel ergutusevoolu tugevus suureneb, ergutusevoog kasvab ja selletõttu ankrus indutseeruv pingetõuseb. Reostaadi sisseviimisel dünamo pingelangeb.

Haruvoolu-dünamo võtab pinget üles ka tühjalt töötades, sest dünamo ergutusemähis on ka siis ühendatud ankruga. Välisahelat sisse lülides ja dünamo koormatust suurendades näeme, et dünamo näpitspinge langeb. Näpitspinge langemise põhjuseks on pingekaotus ankrumähises. Ankruga voolutugevuse kasvamisel pingekaotus ankrumähises suureneb



Joon.14.

ja selletõttu väheneb pinge harjadel. Viimasest olenevalt ergutusevoolu tugevus langeb, ergutusevoog nõrgeneb ja selle tagajärjel ankrus indutseeruv elektromotoorne jõud väheneb. Koormatuse kasvamisel pinge langeb alul aeglaselt, hiljem kiiremalt. Pinge hoidmiseks ühel kõrgusel peame koormatuse suurenemisel šuntreostaati järjest välja viima. Sellega suurendame ergutusevoolu tugevust ja ergutusevoo kasvamine kaotab koormatuse suurenemisest tekkiva näpitspinge langemise.

Haruvoolu-dünamo ei karda järsku tekkivat lühiühendust, sest siis dünamo näpitspinge langeb kohe nullile ja vool välisahelas kaob kohe.

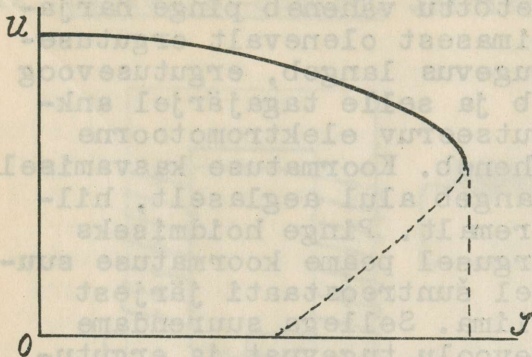
Kirjeldatud nähtus tuleb sellest, et kui lühiühenduse juures näpitspinge langeb järsult nullile, siis ergutusevool samuti langeb kohe nullile, ergutusevoog kaob ja ankrus voolu enam ei indutseeru. Pikaldane ülekoormatus aga on haruvoolu-dünamole kahjulik ja võib ankrumähise läbi põletada.

Haruvoolu-dünamo ei võta käimalaskmisel pinget üles, kui välisahelas on lühiühendus või kui välisahela takistus on õige väike. Järelmagnetismi mõjul ankrus indutseeruv vool voolab kõik välisahelasse, kuna suure takistusega ergutusemähisesse voolu ei lähe pea sugugi ja näpitspinge selletõttu jääbki nulliks.

Ülaltoodut illustreeriv haruvoolu-dünamo karakteristik on näidatud joonisel 15.

Haruvoolu-dünamosse sattuv vastupidine vool ei magneeri dünamot ümber, sest vastuvool voolab ergutusemähisesse samas suunas kui dünamo oma vool. Nimetatud omaduse tõttu haruvoolu-dünamo on eriti kohane akkumulaatorite laadimiseks või akkumulaatoritega paralleelseks töötamiseks.

Haruvoolu-dünamo omadused võime lühidalt kokku võtta järgmiselt:



Joon. 15.

1) Käivitamisel haruvoolu-dünamo võtab pinge üles ka siis, kui välisahel on väljalülitatud.

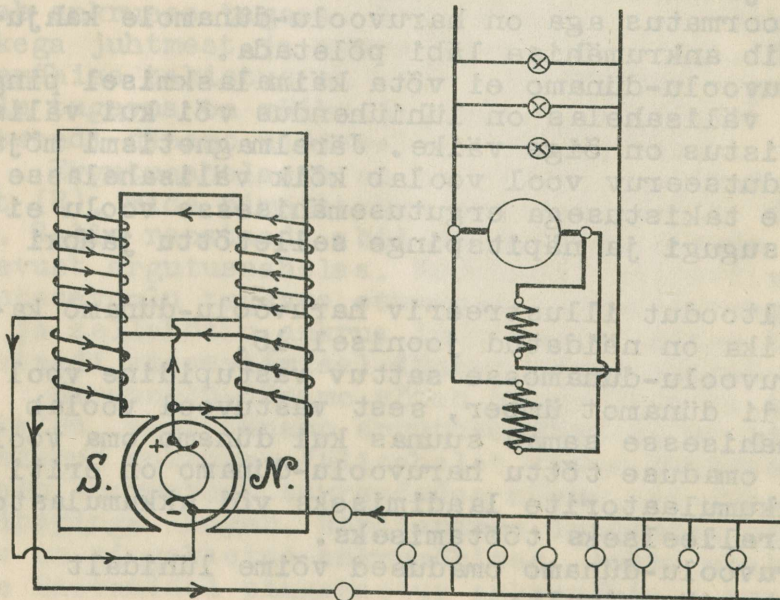
2) Koormatuse kasvamisel näpitspinge langeb.

3) Järsk lühiühendus ei ole haruvoolu-dünamole kahjulik. Kestev ülekoormatus võib dünamo läbi põletada.

4) Käivitamisel haruvoolu-dünamo ei võta pinget üles, kui välisahelas on lühiühendus või kui välisahela takistus on õige väike.

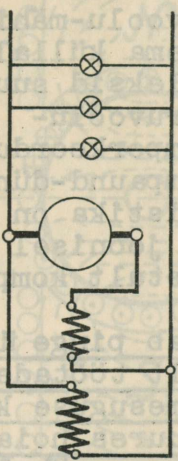
5) Haruvoolu-dünamosse sattuv vastuvool ei magneedi teda ümber.

13. Kompaund-dünamo. Kompaund-dünamol (joonis 16) on



Joon. 16.

kaks ergutusemähist. Üks mähis on jämedast juhtmest ja väikse keerdude arvuga, seda mähist nimetatakse peavoolu- ehk seeriesmähiseks; teine mähis on peenest juhtmest ja suure keerdude arvuga, - see on n.n. haruvoolu- ehk šuntmähis. Peavoolu-mähis on ühendatud välisahelaga järjestikku, haruvoolu-mähis paralleelselt. Haruvoolu-mähis võib olla ühendatud kahte viisi: kas nii, nagu näidatud joonisel 16, kus haruvoolu-mähis on ühendatud dünamo harjadega, või nii, nagu näidatud joonisel 17, kus haruvoolu-mähis on ühendatud dünamo näpitsatega. Esimesel juhul dünamot nimetatakse lühikese šundiga, teisel juhul - pika šundiga kompaund-dünamoks.

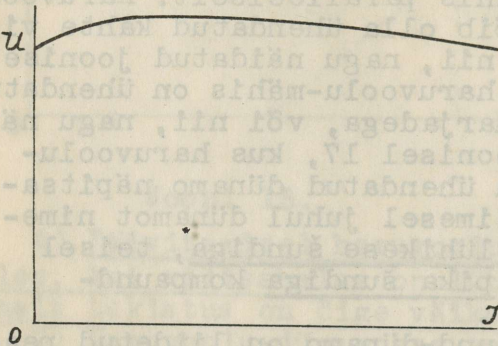


Joon. 17.

Kompaund-dünamo on liidetud peavoolu- ja haruvoolu-dünamo. Võib öelda, et kompaund-dünamo kujutab endast haruvoolu-dünamot, mille elektromagnetid on täiendatud peavoolu-mähistega. Kompaund-dünamo omadused on sellepärast midagi keskmist haruvoolu- ja peavoolu-dünamo omaduste vahel. Tühjalt töötamisel, s.o. kui välisahel on välja lülitatud, vool läheb ainult haruvoolu-mähisesse; šuntreostaadi abil võime pinget tõsta ja soovitava kõrgusel hoida. Kui kompaund-dünamot mitmesuguselt koormame, siis näeme, et dünamo pinge pea sugugi ei kõigu. Täpsamalt öeldult koormatuse suurenemisel pinge esiteks vähe tõuseb, pärast vähe langeb. Need pinge kõikumised aga on väiksed, vaevalt 3-4%, nii et praktiliselt võime lugeda kompaund-dünamo pinge mitteolenevaks koormatusest. Šuntmähise mõjul koormatuse suurenemisel pingel on kalduvus langeda, seeriesmähise mõjul aga tõusta. Suuruselt mõlemad mähised on valitud nii, et nad on üksteisega tasakaalus ja mõlemad koos hoiavad pinge ühel kõrgusel. Kui kompaund-dünamo välisahelas tekib lühiühendus, siis ankrust voolab läbi nii tugev vool, et dünamo võib läbi põleda.

Kompaund-dünamosse sattuv vastuvool võib teda

ümber magneetida ainult siis, kui vastuvoolu tugevus on küllalt suur. Vastuvoolu korral voolu suund muutub ainult peavoolu-mähises; kuna haruvoolu-mähise keerdude arv on palju suurem peavoolu-mähise keerdude arvust, siis vastuvool peab olema küllalt tugev, et peavoolu-mähise amperkeerud oleksid suu-



remad haruvoolu-mähise amperkeerudest. Kompaund-dünamo karakteristika on näidatud joonisel 18. Kokku võetult kompaund-dünamo:

- 1) võtab pinge üles ka tühjalt töötades;
- 2) mitmesuguse koormatuse juures hoiab pinge peaaegu ühel kõrgusel;
- 3) lühitühenduse

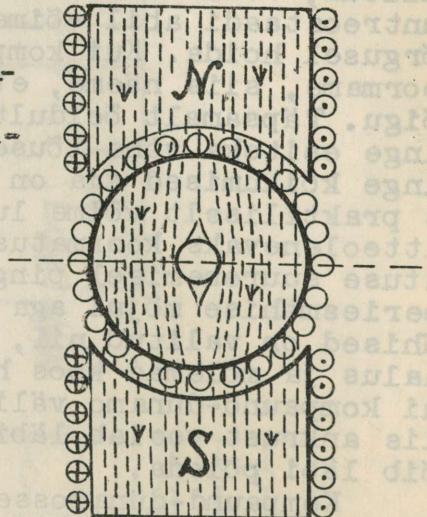
Joon. 18.

korral võib läbi põleda;

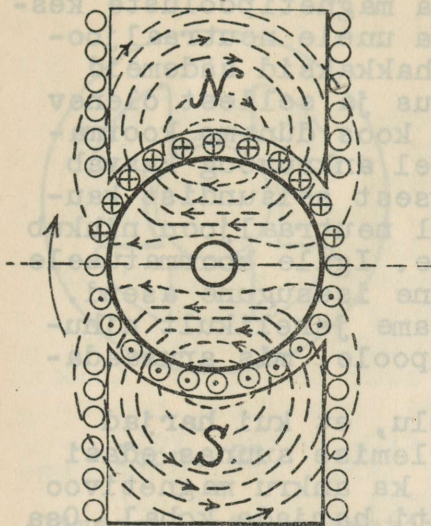
4) võib ümber magneetuda ainult tugevast vastuvoolust.

14. Ankru reaktsioon. Ergutusevoolu mõjul tekkin magnetivoog läbib ankru nii, nagu näidatud joonisel 19. Punktiirid näitavad jõujoonte suunda ankrus. Neutraaljoon asub otse magnetipooluste keskel, kuhu ka harjad tulevad asetada.

Magnetivoo kuju jääb selliseks aga ainult niikauaks, kui dünamo tühjalt töötab. Niipea aga kui dünamo koormatakse, s.t. kui vool hakkab ankru-mähisest läbi voolama, tekib selle voolu mõjul ankrus veel teine magneti-



Joon. 19.



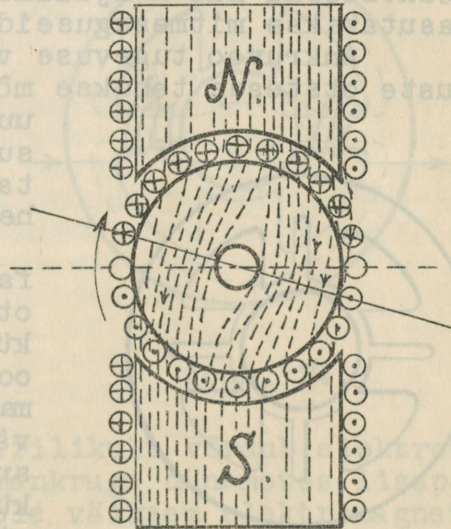
Joon. 20.

seada suuremat magnetivoogu ta tekitab. Need kaks magnetivoogu moodustavad koos ühe resulteeruva magnetivoogu, mis näidatud joonisel 21.

Seda joonist joonisega 19 võrreldes, näeme, et ankruvoo moonutab tunduvalt ergutusevoo kaju. Ergutusevoo jõujooned just nagu kistakse kaasa ankru liikumisega. Jõujoonte tihedus pooluste otsel muutub ebahütlaseks. Ühel poolel, nagu näeme joonisel 21, jõujooned on palju hõredamad, teisel - tihedamad. Jõujoonte kaju moonutuse tõttu neutraaljoon nihkub esialgsest seisundist

voog, mis eraldi näidatud joonisel 20. Käesoleval juhul võime vaadelda ankrut kui ühte elektromagnetit, mille poolused asuvad neutraaljoonel. Jõujooned tulevad ühest ankrust välja, lähevad läbi elektromagnetite ja tulevad teiselt poolt ankrusse tagasi.

Seega igas dünamos töötamisel kujunevad kaks magnetivoogu. Nendest esimene, s.o. ergutusevoo püsib enam-vähem ühesuurusena (vähemalt haruvoolu- ja kompaund-dünamotes). Teise, s.o. ankruvoo tugevus oleneb täielikult ankruvoolu tugevusest. Mida tugevam vool ankrust läbi voolab,



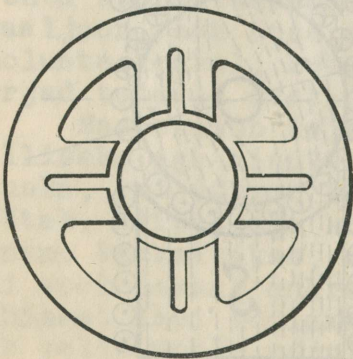
Joon. 21.

sinnapoole, kuhu ankur tiirleb. Arusaadav, et selletõttu ka harju ei tohi jätta magnetipooluste keskele, vaid nad tulevad asetada uuele neutraaljoo- nele; vastasel korral harjad hakkaksid sädemeid andma. Ankru magnetivoo tugevus ja sellest olenev ergutusevoo moonutus muutuvad koos dünamo koorma- tusega. Koormatuse suurenemisel ankruvoog kasvab ja neutraaljoon nihkub esialgsest seisundist kau- gemale, koormatuse vähenemisel neutraaljoon nihkub esialgsele seisundile lähemale. Igale koormatusele järelikult vastab neutraaljoone isesugune asend. Igale koormatuse muutumisel peame järelikult ni- hutama harju ühele- või teiselepoole, mis arusaada- valt on väga tülikas.

Teiseks paheks on asjaolu, et kui harjad keskmiselt joonelt ankru tiirlemise suunas edasi nihutame, siis nihkuvad edasi ka ankru magnetivoo poolused, millised asuvad alati harjade kohal. Osa ankruvoost, mis kallakult asub, on siis sihitud ergutusevoo vastu. Viimast nõrgendades, ankruvoog vähendab dünamo elektromotoorset jõudu.

15. Ankru reaktsiooni vähendamise abinõud. Ankru reaktsiooni kui kahjuliku nähtuse vähendamiseks kasutatakse mitmesuguseid abinõusid.

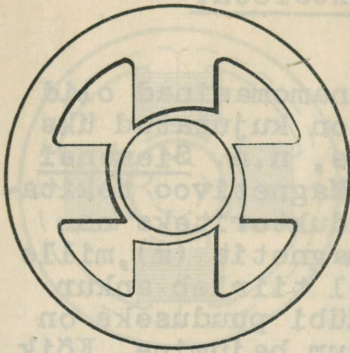
Ankruvoo tugevuse vähendamiseks magnetipoo- luste otstesse tehakse mõnikord pikisuunas sügavad uurred (joon.22). Uurred suurendavad magnetilist takistust ja selletõttu vä- hendavad ankruvoo tugevust.



Joon. 22.

Varemalt kasutati ka fassooneid elektromagnetite otsi (joon.23). Esimestes külgedes, kus ankrureaktsi- ooni tõttu jõujooned hõreda- maks jäävad, õhuvahe tehti väiksem, tagumistes külgedes suurem. Sellega esimestel külgedel magnetiline takistus vähenes, tagumistel suure- nes ja see aitas ühtlustada magnetivoo tugevust.

Kumbki neist vastuabinõudest ei suuda ankru reaktsiooni täielikult kaotada, vaid ainult nõrgendab selle kahjulikku mõju. Uuemates tugevvoolu dünamotes kasutatakse ankru reaktsiooni kaotamiseks ainult n.n. lisapooluseid.

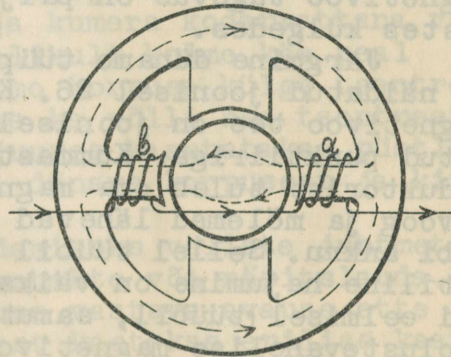


Joon. 23.

lisapooluste magnetivoog on vastupidine ankru magnetivoole. Lisapooluste järjestikku ja keerdude arv on valitud niisugune, et lisapooluste magnetivoo tugevus on võrdne ankruvoo tugevusega. Kaks võrdset kuid vastupidist magnetivoogu kaotavad üksteise. Selge on, et need vastupidised magnetivood püsivad võrdsetena igasuguse koormatuse juures, sest ankruga ja lisapooluste mähised on ühendatud järjestiku. Neutraaljoon püsib alati oma kohal ja harju ei ole tarvis liigutada töötamisel.

Lisapooluste arv harilikult võrdub elektromagnetite arvuga, kuid trummankruga dünamotes lisapooluste arv on mõnikord poole väiksem elektromagnetite arvust. Nelja elektromagnetiga trummankruga dünamol, näiteks, võib olla ainult kaks lisapoolust.

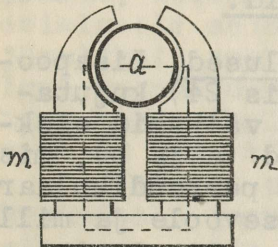
16. Lisapoolused. Lisapoolused (joonis 24) kujutavad enesest väikseid elektromagneteid (a ja b), mis on asetatud perpendikulaarselt ergutusevoole ja mille poolused on valitud nii, et



Joon. 24.

Dünamomasinate konstruksioon.

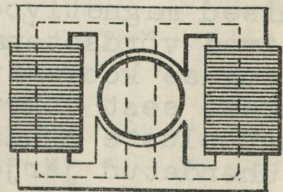
17. Väline kuju. Vanemat tüüpi dünamomasinad olid kujult mitmesugused. Joonisel 25 on kujutatud üks vanemaid tüüpe, n.n. Siemensi dünamomasin. Magnetivoo tekitajateks ehk induktoriteks on kaks elektromagnetit (m), mille pooluste vahel tiirleb ankur (a). Selle tüübi puuduseks on magnetivoo suur hajumine. Kõik jõujooned ei lähe ühest poolusest teise läbi ankru, vaid osa nendest läheb läbi ümbritseva õhu, jäädes seega täiesti kasutuks voolu indutseerimisel. Teiseks puuduseks on asjaolu, et poolustevaheline magnetivoog ei



Joon. 25.

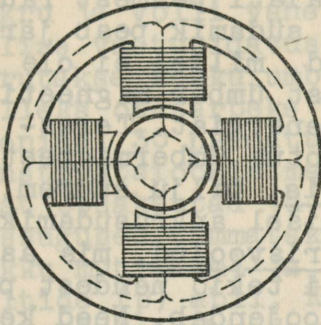
ole ühtlane. Elektromagnetitele lähemates külgedes magnetivoo tugevus on palju suurem kui pooluste ülemistes külgedes.

Järgmine dünamo tüüp, n.n. Manchesteri tüüp, on näidatud joonisel 26. Kahe magnetivoo tee on joonisel näidatud punktiiriga. Kummastki induktorist tuleb oma magnetivoog ja mõlemad lähevad koos läbi ankru. Sellel tüübil magnetiline hajumine on väiksem kui eelmisel (tüübil, samuti poolustevahelise magnetivoo tugevus on ühtlasem. Selle tüübi puuduseks on asjaolu, et induktorid on valmistatud koos korpusega ühest tükist ja selletõttu puudub võimalus neid tarbekorral maha võtta. Lõppeks on seda tüüpi dünamos magnetiline hajumine ikkagi üsna suur.



Joon. 26.

Praegu tarvitusel olevad dünamomasinad kuuluvad oma kuju poolest kõik kinnisesse tüüpi (joo-



Joon. 27.

nis 27). Elektromagnetid asuvad kinnise korpuse sees ja mähised on asetatud otse poolustele. Kõrvuti asuvad magnetipoolused on isenimelised. Korpuse kuju on suuremalt jaolt ümmargune või ovaalne. Korpus valmistatakse n.n.dünamomalmist; kuna korpus peab ka magnetivoogu juhtima, siis ta läbilõige on võrdlemisi suur. Korpuse läbilõige on väiksetel dünamotel lihtis neljakandiline ja pealt vähe kumer, suurematel dünamotel aga parema mehaanilise vastupidavuse

saavutamiseks sagedasti U- või kastikujuline. Ankruvõlli hoidmiseks on dünamo otsadel kaks laagrit. Laagrite asetuselt dünamo jagunevad kahte liiki: n.n. laagerkilbi tüüp ja püstlaagri tüüp. Esimesel juhul laager ja dünamo otsakilp on ühest tükist. Otsakilp kujundatakse välja kumera kodarrattana või nii, et laager mitme, harilikult kolme käe peal seisab. Otsakilbid on dünamo korpuse külge tsentreeeritud, millega saavutatakse ka võlli hea tsentreerimine. Suuremate dünamote juures kasutatakse püstlaagreid, missugused on eraldi dünamo korpusest ja kinnitatakse dünamo alusele.

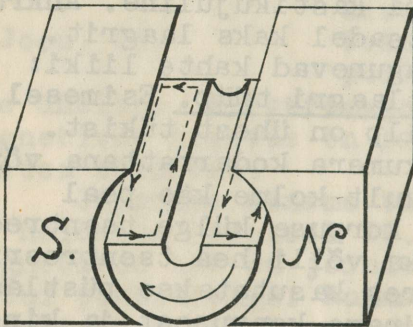
Dünamo mähiste ühendamiseks väliste juhtmetega kasutatakse läbitoovaid kontakte või näpitslauda. Viimane kinnitatakse korpuse vastava avause ette ja kaitseks külgepuutumise eest kaetakse erilise kaanega. Näpitslaud valmistatakse eboniidist või fiibrist, näpitsad - vasest.

Dünamo korpus seisab malmalusel ja kinnitatakse selle külge poltidega. Alus on suuremalt jaolt üldine dünamomasina ja selle jõumasina, s.o.aurumasina, turbini või mootori jaoks. Alus omakorda seisab raudtaladest vundamendil.

18. Ankur. Dünamomasina ankur koosneb südamikust ja mähisest.

Ankrusüdamik valmistatakse alati pehmest rauast, sest magnetivoos tiirlemisel südamik peab järjest ümber magneetuma. Ainult raud, millel ei ole järelmagnetismi, laseb ende järjest ümber magneetida, ilma et selleks kuluks palju energiat. Terasankrul, näiteks, oleks energia kaotus ümbermagneetimisel, n.n. magnetiline hüstereesis, palju suurem.

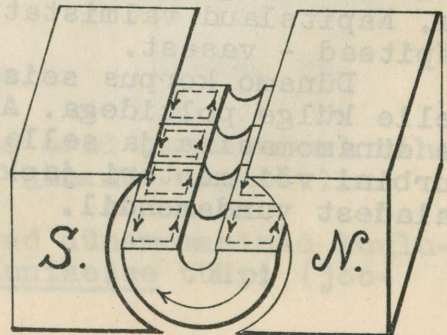
Tugevas magnetivoos tiirlemisel ankrusüdamikus indutseeruvad n.n. Fukoo- ehk keerisvoolud, mis asjatult kulutavad energiat, pealegi tekib nendest palju soojust, mis ankrut liigselt soojendab. Need keerisvoolud liiguvad mööda kinniseid kontreid, nagu näidatud joonisel 28. On võimatu need keerisvoolud



Joon. 28.

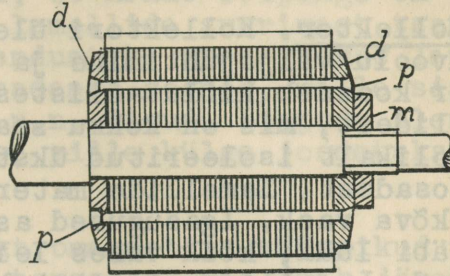
täielikult kaotada, küll aga saab neid tunduvalt vähendada. Selleks dünamo ankur valmistatakse mitmest tükist, s.o. pannakse kokku üksikutest osadest, mis on üksteisest isoleeritud. Niisuguse ehitusviisi juures, mida illustreerib joonis 29, ankrusüdamikus indutseeruvate keerisvoolude takistus suureneb ja selletõttu keerisvoolude tugevus tunduvalt väheneb.

Harilikult dünamo ankur pannakse kokku õhukestest, umbes 0,5 mm paksustest raudlehtedest, mis on üksteisest isoleeritud paberiga, harvemini erilakiga või veel harvemini - rooste korruga. Üksikud plekid stantsitakse välja suurtest tahvlitest, mis enne ühelt küljelt paberiga üle kleebitud. Väiksed,



Joon. 29.

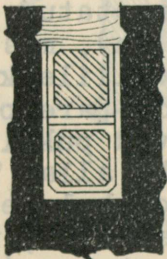
kuni 600 mm läbimõõduga ankrud asetatakse otse võlli-
lile, suuremate läbimõõtude juures paigutatakse
ankru ja võlli vahele eriline ratas. Tarviliku mehaa-
nilise vastupidavuse saavutamiseks plekk-paketid
surutakse kokku umbes $6-10 \text{ kg/cm}^2$ suuruse survega.
Selleks otstarbeks on
joonisel 30 näidatud
konstruktsioonis mal-
mist otsakettad (d),
missugused tõmmatakse
kokku mutri (m) ja
poltide (p) abil. Kee-
risvoolude vähendamiseks
kinnitusepoldid
on isoleeritud ankrusüdamikust.



Joon. 30.

Ankrumähis valmis-
tatakse puhtast, n.n.
elektrolüütilisest
vasest, missugune tea-
tavasti omab õige väikese takistuse. Keerisvoolude
vähendamiseks võetakse harilikult ühe jämedama juhtme
asemel mitu peenemat paralleelselt. Kuni $6-10 \text{ mm}^2$
põiklõikeni tarvitatakse ümmargusi, üle selle lapi-
kuid juhtmeid. Suurtel dünamomasinatel ankrumähis
koosneb sagedasti ka üksikutest vaskkeppidest. Juht-
mete isolatsiooniks on harilikult kahekordselt peale
mähitud puuvillaniit.

Ainult väikestel ankrutel mähis paigutatakse
otse ankrusüdamikule, suuremate ankrute välisküljel
on mähise paigutamiseks erilised uurded, Need uurded
(joonis 31) on suuremalt jaolt paral-
leelsete külgedega, väiksemate ankrute
juures aga on hammaste küljed sa-
gedasti paralleelsed. Kuni 220 vol-
tilise pingeni mähis isoleeritakse
ankrusüdamikust 2-3-kordse linase
riidega, mis on läbi imbutatud mingi
isoleeriva vahendiga. Kõrgemate pin-
gete juures tarvitatakse isoleerimi-
seks presspaani ja mekaniiti. Väi-
keste tiirlemiskiiruste juures mähis
kinnitatakse uuretesse bandaazidega.
Suuremate kiiruste juures aetakse

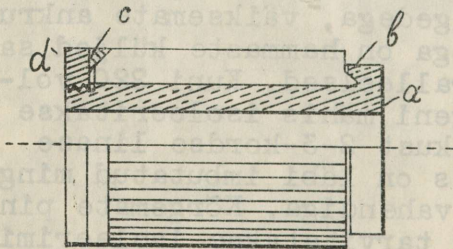


Joon. 31.

uuretesse pääsukesesaba-kujulised kiilud, mis omakorda veel kokku tõmmatakse bandaazidega.

Kiilud valmistatakse puust või vulkaanfiibrist. Valmis ankur kuivatatakse vakuumahjus ja kaetakse erilise isoleerlakiga.

19. Kollektor. Kollektori ülesanne on teatavasti ankruvoolu väljajuhtimine ja selle õgvendamine. Kollektor koosneb kiilutaolistest plaatidest, n.n. lamellidest, mis on kokku seatud silindrikujuliselt ja hoolikalt isoleeritud üksteisest, samuti ka kinnituseosadest. Lamellide materjaliks on eranditult n.n. kõva vask. Igasugused asematerjalid ei ole suutnud läbi lüüa; kõik vases leiduvad lisandused on kahjulikud. Lamellid valmistatakse kiilutaolisteks valtsitud vasklattidest, kusjuures kiilunurk valitakse niisugune, et naaberlamellide külgede vahe jääks kõige ulatuses ühesuuruseks, s.o. võrdseks isolatsioonipaksusega. Lamellid isoleeritakse üksteisest pehme vilgukiviga. Kõva vilgukivi ei ole soovitatav, sest ta kulub aeglasemalt kui lamellide materjal. Harjade vilistamise ja sädelemise vältimiseks tuleb viimasel juhul vilgukivist vahelehed alati nii sügavalt maha saaberdada, et nad ei ulatuks harjadeni. Vilgukivist vahelehtede paksus on harilikult 0,6 mm kuni 0,9 mm, turbodünamotel 1,0-1,2 mm. Lamellide eneste laius on harilikult alla 5 mm. Lamellide kinnitus madalate tiirudega dünamotes sünnib koonus-surveseibide abil, mis käivad viltu mahatreitud lamellitoste peale. Selletaoline kinnituseviis on näidatud joonisel 32. Kollektor on asetatud pronkspuksile (a), mis kinnitatakse võllile kiilu abil. Lamellide parempoolsed otsad käivad puksi koonusrandi (b) alla. Teisest otsast hoiab lamelle koonus-surveseib (c), mis kinnitatakse mutriga (d). Surveseibidest lamellid isoleeritakse 2-3 mm pak-



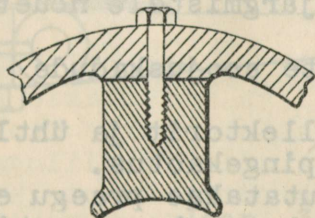
Joon. 32.

suste mekaniitkoonuste abil; lamellide alla käib samuti mekaniidist isolatsioon.

Kõrgete tiirudega kommutaatorite lamellid kinnitatakse kollektori peale pressitud surverõngastega. Surverõngad isoleeritakse lamellidest samuti mekaniidiga, mille paksus on 5-6 mm. Surverõngad pressitakse kokku nii tugevasti, et nende eelpinge on vähemalt kolm korda suurem lamellide suurimast tsentrofugaalsurvest. Mähise ühendusteks pressitakse lamellide ankrupoolsetesse otsadesse sooned, mille sisse joodetakse ja needitakse n.n. lipud. Lippude ülemised otsad lõpevad klambritega, mille külge joodetakse mähise otsad.

20. Elektromagnetid. Elektromagnetite südamikud valmistatakse alati pehmest terasest, mis omab järelmagnetismi. Ainult väikestel dünamotel elektromagnetite südamikud valmistatakse koos korpusega ühest tükist, suurematel dünamotel nad valmistatakse alati eraldi ja kinnitatakse poltidega korpuse külge. Elektromagnetite südamikud kas valatakse ühest tükist või pannakse kokku üksikutest, umbes 2 mm paksustest teraslehtedest. Elektromagnetite läbilõige on harilikult ümmargune, harvemini neljakandiline. Ümmarguste elektromagnetite mähised on kergemad mässida ja nendeks kulub vähem vaske.

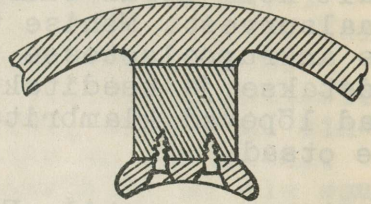
Elektromagnetid kinnitatakse korpuse külge poltidega (joonis 33). Vint, mille sisse käib kinnituspolt, lõigatakse harilikult otse plekkpaketti, ainult õige rasked poolused varustatakse plekkpaketti kinnitatud mutriga. Kinnituskoha magnetilise takistuse vähendamiseks ühendusekoht laiendatakse või pooluse ots uputatakse korpusesse. Kinnitusepind on harilikult silindrikujuline, sest treimine on odavam hõõveldamisest. Südamiku ankrupoolne



Joon. 33.

ots on alati lehtedest kokku pandud, mis vähendab nuutpulsatsioonide tõttu tekkivaid keerisvoolusid. Kui südamik ise on ühest tükist, siis lehtedest kokku pandud otsatükk kinnitatakse südamikule nii, nagu näidatud joonisel 34. Ankruga ja magnetipooluste õhuvahe reguleeritakse raud-vahelehtedega.

Elektromagnetite mähiste juhe on samasuguse ehitusega kui ankrumähise juhe, s.t. on vasest ja isoleeritud kahekordse puuvillaniidiga. Väikse põiklõikega juhtmed on ümmargused, suurema põiklõikega - kandilised. Mähised keritakse suuremalt jaolt masinatel ja asetatakse tsink- või raudplekist poolidele, millega nad lukatakse südamikudele. Mähis isoleeritakse poolist presspaaniga või erilise paberiga ja kaetakse pealt isoleerlakiga. Kui ühel elektromagnetil on kaks mähist, - haruvoolu- ja peavoolumähis, siis neid võib asetada pealistikku või kõrvuti. Viimast asetuseviisi tuleb eelistada, sest siis pääseb mõlema mähise juurde, ilma et oleks tarvis ühte neist enne lahti kerida.



Joon. 34.

21. Harjad. Harju kasutatakse kommutaatorilt voolu võtmiseks. Hea hari peab vastama järgmistele nõuetele:

- 1) täielik töötamiskindlus,
- 2) suur voolutihedus väikeste soojuskadude juures ja
- 3) väike hõõrumine vastu kollektorit ja ühtlasi hea kontakt, s.o. väike pingekaotus.

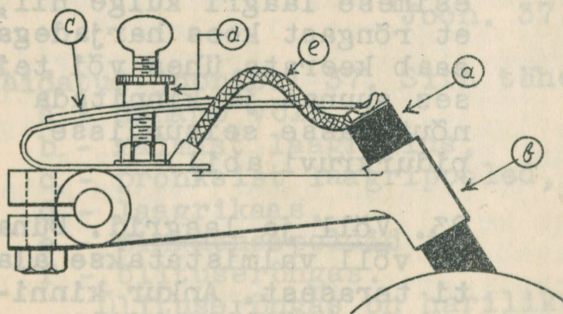
Alalise voolu dünamote juures kasutatakse praegu erandita sõeharju. Sõeharju valmistatakse umbes samuti kui helgliheitja süsi, ainult neid ei põletata nii palju ja neile lisatakse rohkem grafiiti. Mida rohkem hari sisaldab grafiiti, seda pehmem ta on. Peale selle grafiit mõjub töötamisel isemäärivalt, mille tõttu

mingisugust kõrvalist määrimist ei ole vaja. Vahelduva voolu masinate juures kasutatakse peale söeharjade ka vaskharju ja pronkssöeharju. Vaskharjad on suuremalt jaolt kokkupressitud vasklehtedest. N.n.pronkssüsi koosneb grafiidi ja pronksterade segust. Vaskharja iseloomustab väike üleminekutakistus ja suur hõõrumine, söeharju, ümberpöörduvalt - suurem üleminekutakistus ja väike hõõrumine. Lubatavaks voolutiheduseks tuleb lugeda: vaskharjadel - 40 amp./cm², pronkssöeharjadel - 40 amp./cm², pehmetel söeharjadel - 20 amp./cm², kõvadel söeharjadel - 10 amp./cm². Pingekaotus söeharja ja vasest või pronksist kontaktipinna vahel on umbes 0,6 volti, vaskharjal aga umbes 0,2 volti.

22. Harjahoidjad. Harjahoidjaid kasutatakse harjade hoidmiseks ja juhtimiseks. Hea harjahoidja peab olema töötamiskindel, peab võimaldama harja hõlpsat järele vaatust ja harja surve reguleerimist, peale selle ta peab töötama tasaselt ja ilma värisemiseta. Lõppeks harjahoidja peab olema hõlpsasti vahetatav.

Alalise voolu masinates kasutatakse pea erandita n.n. plokkharjahoidjaid, missugust tüüpi iseloomustab liikumatult paigal seisev harjahoidja ja selle juhtpindade vahel ainult enesega paralleelselt liikuv

hari, mis surutakse vastu kollektorit erilise tellitava vedruga. Seda tüüpi harjahoidja on kujutatud joonisel 35. Siin hari (a) seisab neljakandilises raamis (b), mida mööda ta võib vabalt üles-alla liikuda; harjale surub vedru (c), mille survet saab



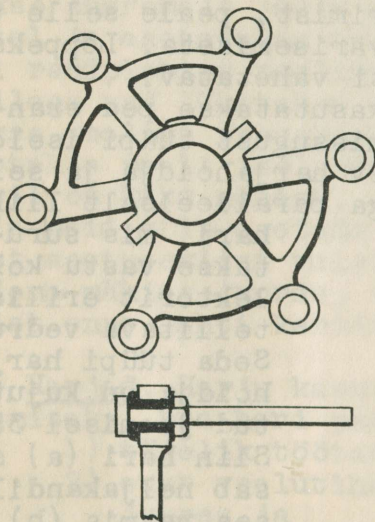
Joon. 35.

reguleerida kruviga (d). Painduv juhe (e), mis on kinnitatud ühe otsaga harja külge ja teise otsaga harjahoidja külge, juhib voolu harjast harjahoidjasse.

Vahelduva voolu masinates kasutatakse peasjalikult n.n. kang-harjahoidjaid. Seda tüüpi hari on kinnitatud kindlalt hoidjasse ja hoidja on ühendatud hoidepoldiga mingisuguse kangi abil.

Kõrgete tiirudega masinatel harjahoidjad peavad olema eriti soliidsed, harjad ise aga kerged; väga tähtis on ka harjade õige surve. Sagedasti kasutatakse ka n.n. reaktsioon-harjahoidjaid, milles hari on asetatud poolviltu vastu kollektori tiirlemissuunda nii, et harja ja kollektori vaheline surve ära kasutatakse harja paremaks sisselihvimiseks. Need harjahoidjad kõlbavad aga ainult ühe kindla tiirlemissuuna jaoks, sest teispidiisel tiirlemisel harjad pigistatakse hoidjatesse kinni.

Harjahoidjad kinnitatakse vastavatele hoide-



Joon. 36.

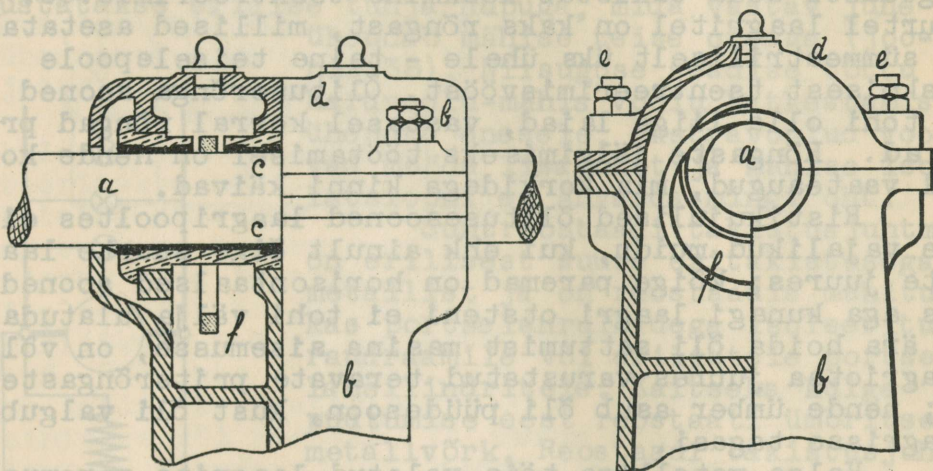
poltidele, mis omakorda käivad üldise kanderõnga külge - joonis 36. Hoidepoldid on muidugi kanderõngast isoleeritud, nende arv vastab alati magnetipooluste arvule. Iga hoidepoldi külge kinnitatakse 1-3 harjahoidjat. Kanderõngas käib harilikult esimese laagri külge nii, et rõngast koos harjadega saab keerata ühes või teises suunas ja kinnitada nõutavasse seisundisse pidurkruvi abil.

23. Võll ja laagrid. Dünamo võll valmistatakse alati terasest. Ankur kinnitatakse võllile kiiluga. Võlli kandmiseks on laagrid, igal dünamol harili-

kult kaks. Võrdlemisi kõrgete tiirude tõttu dünamotes kasutatakse erilisi laagrite konstruktsioone. Laagrite mõõdud valitakse võrdlemisi suured, et vältida töötamisel ette tulla võivat kuivhõõrumist. Harilikudel dünamolaagritel surve ei ületa 6 kg/cm^2 . Väikse-

mate dünamote laagrid on enamasti tervelt pronksist, suuremad laagrid harilikult valatakse täis valge metalliga. Laagrite õlitamine sünnib pea eranditult n.n. õlituserõnga abil, ainult üsna suurte masinate juures võib kohata surveõlitust.

Ühe suurema rõngasõlitusega laagri ehitus on



Joon. 37.

näidatud joonisel 37. Siin tähendavad:

- a - dünamo võll,
- b - malmist laagrialus,
- c - pronksist laagripooled,
- d - laagrikaas,
- e - pingutuspoldid ja
- f - õlituserõngas.

Õlituserõngas on harilikult valgest vasest traapeetsi- või poolringikujulise läbilõikega. Rõngas istub võllil lahtiselt, võlli tiirlemisel käib ringi ja kannab alt õli võllile. Et rõngas küllalt rahulikult jookseks, peab ta olema küllalt raske. Rõngasõlituse korralikuks töötamiseks on väga tähtis õli pinna õige seis. On õli pind liiga madal, siis õlisse vähe ulatuv rõngas võtab õli kergesti vahutama. On

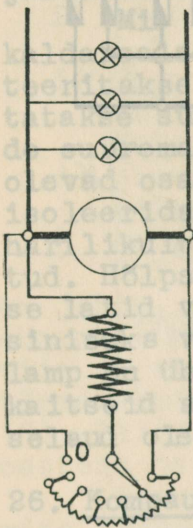
aga õli pind liiga kõrge, siis õlituserõnga tiirlemine jääb liiga aeglaseks ja laager selletõttu ei õlitu korralikult. Selleks, et rõngasõlitusega laagrisse liiga palju õli ei saaks kallata, need laagrid on sagedasti varustatud õliruumiga ühendatud, pealt lahtise nurktorukesega, mille läbi ülearune õli kohe välja voolab. Parema õlituse saavutamiseks õlituserõngas peaks asuma alati laagripuksi keskel, kuid sagedasti seda takistab keskmine tsentreerimisvöö. Suurtel laagritel on kaks rõngast, millised asetatakse sümmeetriliselt üks ühele - teine teiselepoole keskmisest tsentreerimisvööst. Õlituserõnga sooned ei tohi olla liiga laiad, vastasel korral rõngad pritsivad. Rõngaste jälgimiseks töötamisel on nende kohal vaateaugud, mis korkidega kinni käivad.

Ristikujulised õlitusesooned laagripooltes ei ole vajalikud muidu, kui ehk ainult õige suurte laagrite juures; kõige paremad on horisontaalsed sooned, mis aga kunagi laagri otsteni ei tohi välja ulatuda. Et ära hoida õli sattumist masina sisemusse, on völli laagriotsa juures varustatud teravate pritsrõngastega; nende ümber asub õli püüdesoon, kust õli valgub laagrisse tagasi.

Valge metalliga täis valatud laagrite paremuseks on nende väiksem hõõrumine ja väiksem kulumine. Peale selle juhul, kui töötamisel laagrid mingil põhjusel ülemäära soojenevad, valge metall sulab välja, ilma et völli selle juures vigastuks. Pronkslaagrid aga, minnes tuliseks, pigistavad völli kinni ja võivad sellejuures völli vigastada. Kui valge metalliga täis valatud laagrid ära kuluvad, võib vana valge metalli välja sulatada ja laagrid uuesti valge metalliga täis valada. Valge metalli uuendamine on seda võrt lihtis, et seda saab läbi viia tarbekorral ka laeva abinõudega. Pronkslaagrid aga tulevad läbikulumisel täielikult uuendada, seepärast peaks neist alati 1 paar tagavaraks kaasas olema.

Kuullaagritel on üsna väike hõõrumine, kuid nad on võrdlemisi tundelikud löökide vastu, mille mõjul mõni kuul võib puruneda. Kuullaagreid kasutatakse peaaesjalikult kõrgete tiirudega masinates.

24. Šuntreostaat. Haruvoolu- ja kompaund-dünamotes kasutatav šuntreostaat on ühendatud järjestikku haruvoolu-mähisega. Haruvoolu-mähisel, nagu teame, on suur arv keerde ja ta omab selletõttu suure induktiivsuse. Voolu katkestamisel haruvoolu-mähises induktiivsuse tõttu tekkivad ekstravoolud võivad omada nii suure pinge, et nad löövad läbi mähise isolatsioon. Isolatsiooni rikkumise vältimiseks šuntreostaat varustatakse erilise tühja nupuga, mida vastav juhe



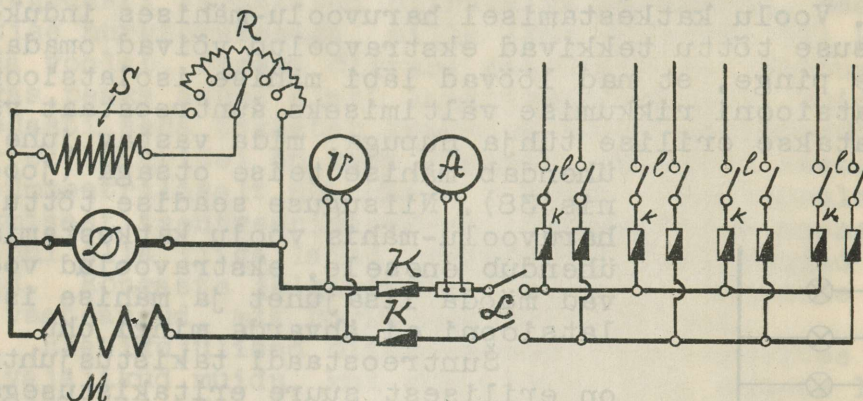
ühendab mähise teise otsaga (joonis 38). Niisuguse seadise tõttu haruvoolu-mähis voolu katkestamisel ühendub enesele, ekstravoolud voolavad mööda lisajuhet ja mähise isolatsiooni ei ähvarda mingi oht.

Šuntreostaadi takistusjuhtmed on erilisest suure eritakistusega metallist ja on reostaadis mähitud kas portselanrullidega isoleeritud raudraamile või erilistele portselansilindritele. Kaitseks külgepuutumise eest reostaati ümbritseb metallvõrk. Reostaadi takistusjuhtmed jahutatakse õhuga, mis läbi kaitsevõrgu vabalt juurde pääseb.

25. Elektrijaama sisseseade. Dünomasina töötamise kontrollimiseks ja tarviliste lüljate ja kaitsete mahutamiseks iga dünamo on varustatud jaotuslauaga, mis koos dünamo enesega moodustavad elektrijaama sisseseade.

Joon. 38.

Joonisel 39 on näidatud ühe üksikult töötava dünamo-
masina jaotuselaua skeem.



Joon. 39.

Siin tähendavad:

- D - dünamo ankur,
- S - haruvoolu-mähis,
- M - peavoolu-mähis,
- R - šuntreostaat,
- A - ampermeeter,
- V - voltmeeter,
- K - peakaitsete,
- k - gruppide kaitsete,
- L - pealülili,
- l - gruppide lülili.

Vool tuleb dünamost läbi peakaitsete ja pealülili jaotuselaua jaotuselattidele, sealt juhtmete paarid hargnevad üksikutesse gruppidesse. Iga grupi juhtmed on varustatud kaitsetega ja lülilijatega. Voltmeeter on ühendatud peajuhtmetega enne peakaitsete, sest dünamo pinget peab olema võimalik kontrollida ka siis, kui peakaitsete läbi põlevad. Ampermeeter on harilikult varustatud šundiga, mis ühendatud peajuhtmetega järjestikku. Kaitsete, nagu näitab nende nimi, kaitsevad dünamot ülemääraselt tugeva voolu

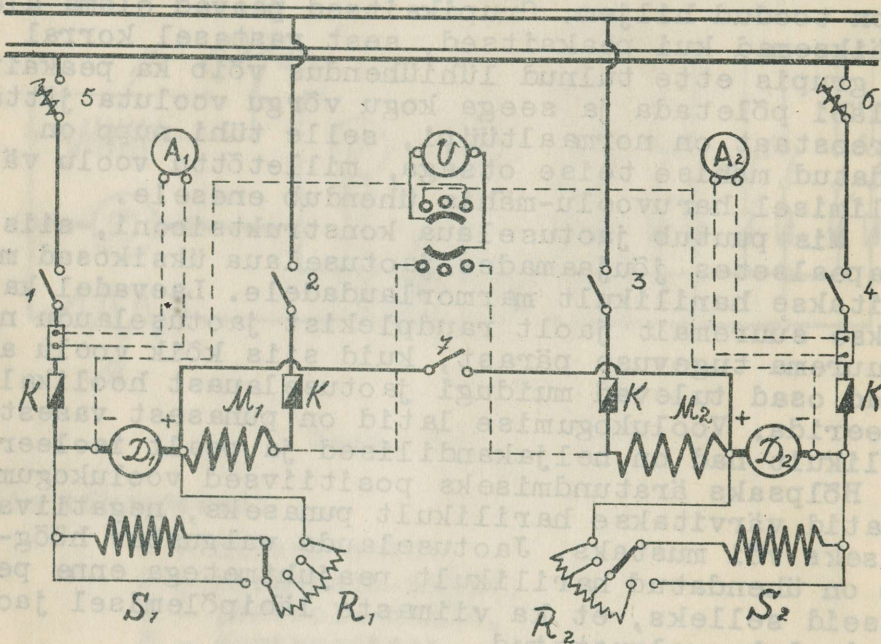
eest, mis dünamo isolatsioonil võiks rikkuda. Kaitsete koosnevad kergelt sulavatest traadikestest, mis voolutugevuse ülemäärasel kasvamisel soojaks minnes ära sulavad ja sellega voolu automaatselt katkestavad. Kaitsete kui ka lülijate üksikasjalik kirjeldus on toodud hiljem. Grupikaitsete peavad olema alati väiksemad kui peakaitsete, sest vastasel korral ühes grupis ette tulnud lühiühendus võib ka peakaitsete läbi põletada ja seega kogu võrgu vooluta jätta. Süntreostaat on normaaltüüpi, selle tühi nupp on ühendatud mähise teise otsaga, mille tõttu voolu väljalülitamisel haruvoolu-mähis ühendub enesele.

Mis puutub jaotuselaua konstruktsiooni, siis kaldapealsetes jõujaamades jaotuselaua üksikosad monteeritakse harilikult marmorlaudadele. Laevadel kasutatakse suuremalt jaolt raudplekist jaotuselaudu nende suurema tugevuse pärast, kuid siis kõik voolu all olevad osad tulevad muidugi jaotuselauast hoolikalt isoleerida. Voolukogumise latid on punasest vasest, harilikult nad on neljakandilised ja pealt isoleeritud. Hõlpsaks äratundmiseks positiivsed voolukogumise latid värvitakse harilikult punaseks, negatiivsed siniseks või mustaks. Jaotuselauda valgustav hõõglamp on ühendatud harilikult peajuhtmetega enne peakaitseid selleks, et ka viimaste läbipõlemisel jaotuselaud oleks valgustatud.

26. Kompaund-dünamomasinate paralleelne ühendamine.

Dünamomasinaid, samuti nagu galvaanilisi elemente, võime ühendada üksteisega järjestikku või paralleelselt. Dünamote ühendamist järjestikku tuleb ette väga harva. Dünamote paralleelset ühendamist kasutatakse väga sagedasti kaldapealsetes jõujaamades, kui võrgult tarvitata võimsus ületab üksiku dünamo võimsuse. Laevadel dünamote paralleelset ühendamist kasutatakse harvemini. Selle asemel laevadel lastakse igal dünamol töötada eraldatud vooluvõrgu osa jaoks, millega saavutatakse juhuslikkude vigastuste parem lokaliseerimine ja kogu vooluseadise suurem töötamis-kindlus. Kuna aga mõnedes laevades, eriti vanemates, tuleb ette dünamote paralleelne lülitamine, siis

joonisel 40 on toodud kahe paralleelselt töötava kompaund-dünamo ühenduste skeem. Tähendused on järgmised:



Joon. 40.

- D1 ja D2 - dünamote ankrud,
- M1 ja M2 - peavoolu-mähised,
- S1 ja S2 - haruvoolu-mähised,
- R1 ja R2 - šuntreostaadid,
- A1 ja A2 - ampermeetrid,
- V - voltmeeter,
- K - peakaitses,
- 1, 2, 3 ja 4 - pealüliljad,
- 5 ja 6 - automaatlüliljad,
- 7 - ühtlustava juhtme lülilja.

Ühtlustav juhe võimaldab kahe dünamo stabiilset koostöötamist. See juhe ühendab dünamote pluss-harju ja selle mõjul voolutugevus kummaski peavoolu-

mähises on alati võrdne. Automaatkatkestajad katkestavad voolu siis, kui mingil põhjusel vool vastupidises suunas, s.o. välisahelast dünamosse hakkab voolama. Seda juhtub siis, kui näiteks dünamo ootamatult seisma jääb.

Oletame, et meil töötab dünamo Nr 1 ja soovime dünamot Nr 2 paralleelseks töötamiseks sisse ühendada. Selleks laseme teise dünamo käima ja siis:

- 1) ühendame sisse lüliljad (7) ja (3), siis esimese dünamo vool voolab läbi mõlema peavoolumähise;
- 2) tõstame teise dünamo pinge šuntreostaadi abil 1-2 volti kõrgemale esimese dünamo pingest;
- 3) ühendame sisse automatlülilja (6) ja lülilja (4); sellega dünamod on ühendatud paralleelselt, kuid dünamo Nr 2 ei ole veel koormatud;
- 4) sisse viies reostaati (R_1) ja üheaegselt välja viies reostaati (R_2), viime tarviliku osa koormatusest dünamolt Nr 1 dünamole Nr 2.

Kui ühte dünamot, näiteks Nr 1, soovime seisma jätta, siis tuleb kõigepealt üle viia koormatus dünamole Nr 2. Selleks tuleb reostaati (R_1) sisse viia ja reostaati (R_2) välja viia. Selle järele tõmmatakse lahti lülilja (1) ja siis lüliljad (2) ja (7). Lüliljad (1) ja (4) lülitakse sisse alati viimastena ja lülitakse välja alati esimestena.

Haruvoolu- dünamomasinate paralleelse ühendamise skeem on täiesti sarnane kirjeldatule, ainult puudub n.n.ühtlustav juhe.

27. Dünamote kasukraad. Dünamote töötamisel, s.o. mehaanilise energia muutmisel elektriliseks tulevad ette mitmesugused kaod. Need kaod võime jaotada järgmistesse gruppidesse:

- 1) elektrilised kaod, s.o. ankru- ja ergutusemähise läbistava voolu soojuskaod;
- 2) magnetilised kaod, nende hulka kuuluvad pöörisvoolude kaod ankrus ja magnetipoolustes ja hüstereesise kaod ankrus;
- 3) mehaanilised (hõõrumise) kaod laagreis, harjadel ja õhus.

Kadude tõttu dünamolt antav elektriline võimsus N_e on alati väiksem dünamo ringiajamiseks vaja-

likust mehaanilisest võimsusest N_m . Nende suuruste suhet:

$$n_m = N_e / N_m$$

nimetatakse dünamo üldiseks kasukraadiks.

Dünamo elektrilise kasukraadi n_e all mõistetakse dünamolt välisahelasse antava ja dünamo ankrus tekkiiva elektriliste võimsuste suhet. Elektriline kasukraad määratakse valemiga:

$$n_e = \frac{U \cdot I}{E \cdot I_a}$$

kus U ja I on pinge ja voolutugevus välisahelas ja E ja I_a on elektromotoorne jõud ja voolutugevus ankrus.

Suurimail ja täiuslikuimail dünamoil elektriline kasukraad ulatub kuni 97%, üldine kasukraad kuni 94%. Väikseil dünamoil üldine kasukraad on 75-80%. Tuleb aga tähendada, et toodud arvud on maksvad ainult dünamo täiel koormatusel. Koormatuse vähenemisel kasukraad langeb ja väikse koormatuse juures ta on üsna väike.

Kasukraadi teadmine on vajalik dünamo ringi-ajamiseks valitava jõumasina arvutamisel. Kui, näiteks, dünamo võimsus on 20 kW ja üldine kasukraad 0,88, siis jõumasina võimsus peab olema -

$$\frac{20}{0,88 \cdot 736} = 31 \text{ HP.}$$

28. Laeva elektriaggregaadid. Laeva elektrijõujaama võimsus oleneb sellest, mis tüüpi ja kui suur on laev. Kõige väiksema võimsusega jõujaamad, keskmiselt 50-kilovattilised, on torpeedopaatidel ja kaubalaevadel, kuna lahingulaevadel ja suurtel reisijate-laevadel elektriagregaatide koguvõimsus ulatub 1500 kuni 2000 kilovattini. Väiksemad jõujaamad koosnevad vaid ühest agregaadist, suurtel laevadel on neid mitmeid.

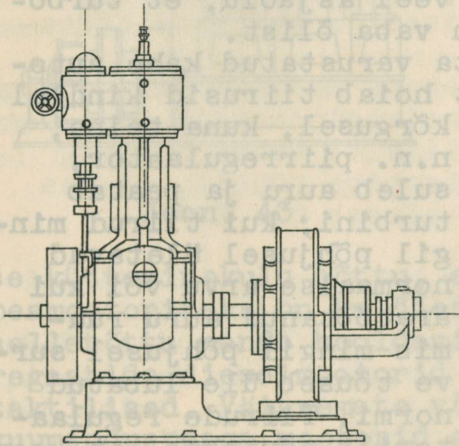
Varemalt dünamomasinate ümberajamiseks kasutati ainult kiirekäigulisi püstsilindritega aurumasinaid. Aurumasinast ja dünamost koosnevat agregaatit nimetame lühendatult aurudünamoks. Praegu kasutatakse aurudünamoid peaasjalikult väikse võimsusega

elektrijõujaamadega kaubalaevadel, kuna sõjalaevadel ja suurematel kaubalaevadel neid on asendanud turbodünamod, s.o. auruturbinist ja dünamost koosnevad agregaadid. Peale selle kasutatakse viimasel ajal eriti mootorlaevadel mootordünamoid, s.t. agregaate, milles dünamot ajab ringi kiirekäiguline põlevsegumasin. Aurudünamo võimsus harilikult ei ole üle 100-150 kilovati, turbodünamote ja mootordünamote võimsus - mitte üle 400 kw.

29. Aurudünamod. Kuni 10 või 15 kw kasutatakse ühesilindrilisi aurumasinaid, sellest ülespoole kahe- silindrilisi kompaund-masinaid, missugused töötavad 250-700 tiiru juures minutis. Aurumasin ja dünamo on asetatud üldisele alusele. Aurudünamote kaal on umbes 120 kg ühe kw kohta, aurutarvitus 12-18, seega keskmiselt umbes 15 kg ühe kilovatt-tunni kohta. Põhjustest, miks aurudünamoid kasutatakse laialdaselt väikestel ja keskmistel kaubalaevadel,

tuleb nimetada eeskätt asjaolu, et aurudünamo eivaja erinevat hooldamist ja et iga vahimasinist võib selle- töttu hoolitseda masi- naruumi nurgas asuva aurudünamo eest.

Aurumasinatest ka- sutatakse nii lahtise kui kinnise ehituse- viisiga masinaid. Dün- amod väiksema võimsu- sega agregaates on harilikult haruvoolu tüüpi, üle 15 kw - kompaund-tüüpi. Konst- ruktsioonilt dünamod on harilikult lahtist tüüpi, missugused on kergemad ja võimaldavad

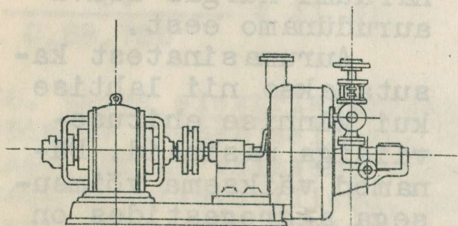


Joon. 41.

hõlpsamat järelevaatust. Kahesilindrilise aurudü- namo üldpilt on näidatud joonisel 41.

30. Turbodünamod. Turbodünamod on aurudünamotest tunduvalt kergemad ja kaaluvad kõigest umbes 40 kg ühe kw kohta. Aurutarvitus turbodünamotel on umbes sama suur kui aurudünamotel. Turbadünamote paremus- test peale väiksema kaalu tuleks eeskätt nimetada nende rahulikku ja hästi tasakaalustatud töötamist. Tasakaalustatud töötamise tõttu turbodünamoile jätkub kergemaist ja seega ka odavamamaist aluseist. Turbodünamod nõuavad palju vähem ruumi kui aurudünamod, sest auruturbinid ise on tunduvalt väiksemad sama võimsusega aurumasinatest; peale selle kõrgemate tiirude tõttu turboaggregaatide dünamod on tähelepandavalt väiksemad ja kergemad. Ilma aegandõudva eelsoojendamiseta turbin on alati töötamisvalmis. Turbin vajab vähe hooldamist, sest liikuvaid osi on turbinil vähe. Samal põhjusel turbin vajab vähem remonti ja lahtivõtmist kui aurumasin. Turbini määrdeainete kulu on väike. Turbini aurutarvitus jääb teenistuse kestel ühesuuruseks, kuna aurumasinal ta suureneb kulumisega. Teatud paremuse, eriti turbinlaevadel, annab veel asjaolu, et turbodünamotel äratöötanud aur on vaba õlist.

Iga turbin on tingimata varustatud kahe automaatregulaatoriga: üks neist hoiab tiirusid kindlal



Joon. 42.

kõrgusel, kuna teine, n.n. piirregulaator, suleb auru ja peatab turbini, kui tiirud mingil põhjusel ületavad normaalse arvu või kui äratöötanud auru ruumis mingil põhjusel surve tõuseb üle lubatud normi. Tiirude regulaatorilt nõutakse, et koormatuse muutumisel 25% võrra täiskoormatusest

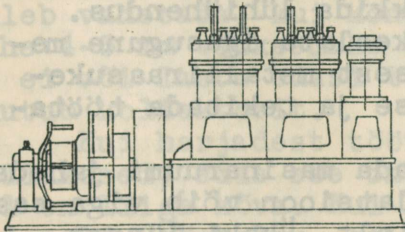
tiirud ei tohi muutuda rohkem kui $1\frac{1}{2}\%$ võrra ja üleminekul täiskoormatusest tühijooksule või ümberpöörduks - mitte üle 3%. Piirregulaator peab peatama turbini siis, kui tiirud 10% võrra ületavad normaalse arvu. Turbinilt eneselt nõutakse, et ta vigastuseta kannataks välja 15% võrra normaalsetest kõrgemad tiirud.

Harilikku laeva turbodünamo väline kuju on näi-

datud joonisel 42.

31. Mootordünamod. Samal ajal, kui ülaltoodu kohaselt aurulaevade elektrijõujaamades turbodünamo arvurikaste paremuste tõttu tulevikus aurudünamo nähtavasti täiesti välja tõrjub, on mootorlaevadel elektriaggregaatide jõumasinaaks väga sobiv põlevsegumasin, nimelt suuremate võimsuste juures dieselmootor ja väiksemate võimsuste juures kuumenduspeega mootor. Kuigi suur osa mootorlaevadest on varustatud aurukatlagaga, osutub siiski paremaks, kui elektrijõujaam ei ole sellest sõltuv, sest tuleb ette ikkagi perioode, millal aurukatel ei ole auru all.

Elektriaggregaatide mootorite juures pääsevad maksvusele üldiselt samad paremused, mis iseloomustavad laeva peamootoreid. Mootorid on alati töövalmis ja kiirelt käimalestatavad. Küttaaine, s.o. õli hoidmine ja ümberpaigutamine on lihtis ja vähe tülikas. Küttaaine kulu vähe oleneb masina hooldamisest.



Joon. 43.

Suurematele elektriaggregaatidele sobib dieselmootor oma suurema töötamiskindluse ja väikese küttaainekulu tõttu, eriti aga siis, kui laeva peamootoriteks on ka dieselmootorid ja kui meeskond selletõttu nende hooldamisega on vilunud. Elektriaggregaatide dieselmootorid on suuremalt jaolt neljaktiilsed. Väiksemate võimsuste juures kasutatavad kuumenduspeega mootorid on harilikult kahetaktiilsed. Nende ehitus ja sellest olenev hooldamine on lihtsamad.

Mootordünamod kaaluvad umbes 100 kg 1 kw kohta, tiirude arv neil on 300-450 minutis, õli kulu 270-320 g kilowatt-tunni kohta. Väike laevatuüpi mootordünamo on näidatud joonisel 43.

Dünamote hooldamine.

32. Üldreeglid. Dünamo tuleb alati puhas hoida. Dünamosse töötamisel koguv sõe- ja metallitolm tuleb hoolikalt kõrvaldada puhta lapiga või pintsliga ja käsilõõtsaga. Hoolitseda tuleb ka, et ventilatsioonikanalid oleksid alati puhtad. Käsilõõtsa regulaarne tarvitamine aitab hoida dünamomasinat töötamisel jahedamana.

Kord kuus on tarvis mõõta dünamo isolatsioonitakistust ja vigastuste ilmsikstulekul need kohe kõrvaldada.

Iga dünamomasinat on soovitatav vähemalt kord kuus käima lasta.

Märjaks saanud dünamomasinat ei tohi kuivatada vooluga, sest siis võib tekkida lühiühendus.

Dünamo läheduses tuleb keelata igasugune metalli raiumine ja viilimine, sest metalliraasukesed võivad sattuda dünamo sisse ja tekitada töötamisel vigastusi.

Dünamo tuleb alati asetada masinaruumi jahedasse kohta, sest mähiste isolatsioon võib viga saada, kui temperatuur tõuseb liialt. Ükski dünamo, välja arvatud erikonstruktsiooniga tüübid, ei saa töötada, kui ta temperatuur tõuseb üle 80° C.

33. Harjade ja harjahoidjate hooldamine. Harjahoidjad peavad olema hästi kinnitatud, nii et nad töötamisel ei vibreeriks. Harjahoidjad tulevad asetada niiviisi, et harjad kataksid kollektorit ühtlaselt, s.t. harjad peavad asuma malejärjekorras. Tuleb jälgida, et harjahoidjate hoiderõngas oleks õiges asendis ja hästi kinnitatud. Hoiderõnga õige asendi võib sagedasti hõlpsasti leida vastavate vabrikumärkide järel. Harjade äraliikumine õigest asendist avaldub kõigepealt nende üldises sädelemises. Suure pagaltliikumise korral dünamo ei võta pinget üles.

Harjad ei tohi asuda hoidjates liiga vabalt, sest siis tekib sädelemine. Kuid nad ei tohi liikuda ka liiga kangelt; tuleb meeles pidada, et voolu

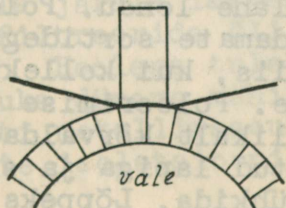
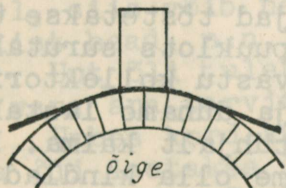
all harjad soojenevad ja paisuvad. Harilikkude sõeharjade külgedele võib jätta vaba ruumi umbes 0,2 - 0,3 mm.

Harjahoidjate vedrud tulevad kohaselt reguleerida. On vedru surve liiga nõrk, siis hari hakkab kollektoril hüplema ja tekitab sädemeid. Liiga suur surve tekitab suurt hõõrumist harja ja kollektori vahel, mis asjatult kulutab ja soojendab kollektorit. Sõeharjade lubatav surve on umbes 120 - 150 g/cm². Survet võib mõõta dünamomeetriga, kuid seesugust aparati leidub harva käepärast. Harilikult harjade survet kontrollitakse käega, tõstes harju kollektorilt ja lastes neid ettevaatlikult tagasi. Teatava vilumuse juures on kohe tunda, kas harjade surve on liiga suur või liiga väike.

Juhtivuse suurendamiseks mõnede harjade tagumised pooled on galvaaniliselt kaetud vasega, sest süsi ise ei ole kuigi hea juhe. Niisuguseid harju tuleb vahetada, kui kontaktipinna ja vasetusekorra vahe 4-5 mm väiksemaks jääb. Mingil tingimusel harja ei või lasta edasi töötada, kui vasetusekord puutub kollektorit.

Kui harjadest töötamisel eralduvad väiksed killukesed, siis see on tunnuseks, et harjade materjal on liiga kõva. Kui kollektorile kogub töötamisel palju söetolmu, siis harjad on liiga pehmed.

Enne kohaleasetamist iga uus hari tuleb lih-

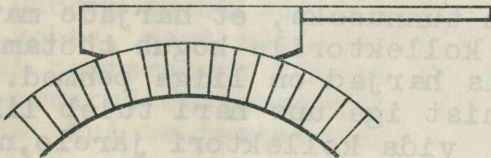


vida kollektori järele, nii et kogu kontaktipind kollektorit puutuks. Lihvimiseks hari asetatakse hoidjasse, kollektorile seatakse tükk klaas- või smürgelpaberit kareda poolega väljapoole ja ankrut keeratakse ühele- ja teiselepoole (joonis 44). Alul võetakse jämedam klaaspaber, Nr 1 või Nr 2, hiljem peenemad sordid. Lihvimist tuleb jätkata niikaua, kuni kontaktipind on muutunud täiesti siledaks.

Joon. 44.

Klaaspaberi ääri tuleb hoida lihvimisel allapoole, nagu joonisel näidatud, vastasel korral kontaktipinna servad kuluvad ümmargusteks. Peale lihvimist söe- ja klaasitolm tuleb hoolikalt kõrvaldada. Kui korraga vahetatakse pooled harjad või rohkem, siis tuleb lasta dünamot peale seda 2-3 tundi tühjalt töötada, et harjad end lõplikult juurde lihviksid.

34. Kollektori hooldamine. Kollektor peab olema alati läikivisile. Töötamisel kollektor ei vaja mingit mäaret. Kollektorit tuleb puhastada puhta linase lapiga, mida tarbekorral võib niisutada terpentiinis või piirituses. Töötamisest karedaks muutunud kollektor tuleb poleerida. Kollektori poleerimiseks võib tarvitada ainult klaaspaberit. Smürgelpaberi tarvitamine on keelatud, sest üksikud smürgli tüki-kesed, mis endast kujutavad voolu juhtmeid, võivad jääda kollektori lamellide vahele ja tekitada lühiühenduse naaberlamellide vahel. Kollektorit tohib poleerida ainult siis, kui ta on külj.



Joon. 45.

Poleerimiseks valmistatakse kollektori välispinna järele puuklots, mille külge kinnitatakse klaaspaber (joonis 45). Harjad tõstetakse üles, puuklots surutakse vastu kollektorit ja dünamo lastakse tühjalt käima. Nii-

viisi kollektorit poleerides võime olla kindlad, et kollektori pind saab täiesti ühetasane. Soovitav on poleerimisel määrada klaaspaberit vaseliiniga, siis vase- ja klaasitolm ei lähe lendu. Poleerimist alatakse klaaspaberi jämedamate sortidega ja lõpetatakse kõige peenemaga siis, kui kollektori pind on täiesti läikiv ja sile. Poleerimise lõpetamisel rasvane kord tuleb hoolikalt kõrvaldada bensiinis või piirituses niisutatud lapiga ja siis kollektor puhta kuivaks pühkida. Lõppeks

kollektor tuleb hoolikalt järele vaadata, kas kuhu-
gi lamellide vahele ei ole jäänud vasetolmu. Vase
tükikesed võivad naaberlamellide vahel lühiühenduse
tekitada ja töötamisel võib ankrumähise vastav
seksioon läbi põleda.

Poleerimisega saab kõrvaldada ainult väikse-
maid konarusi. Kui aga kollektori välispinnale on
sisse põlenud sügavad kraavikesed või kui kollektor
on ekstsentriliseks kulunud, siis ta tuleb treida.
Ankur võetakse dünamost välja ja viiakse treipingi-
le. Kollektori treimist tuleb toimetada õige ette-
vaatlikult. Tera lõikamise kiirus ei tohi olla suu-
rem kui 12 cm sekundis ja etteandmine iga ringiga
mitte suurem kui 0,1 mm, laast peab olema õige õhuke.
Kollektori treimist tuleb toimetada võimalikult har-
vemini, sest see vähendab dünamomasina iga. Peale
treimist kollektor puhastatakse peene viiliga ja po-
leeritakse eeltähendatud viisil.

35. Laagrite hooldamine. Dünamote laagrid on hari-
likult rõngasõlitusega. Õli kallatakse laagrisse tea-
tud tasapinnani. Liiga kõrge õli pind takistab rõnga
liikumist ja selletõttu halvendab õlitamist. Õli
pinna kontrollimiseks on laagri küljes sagedasti
klaastoruke, millele on märgitud õli normaalne tasa-
pind.

Kuna dünamod töötavad harilikult kõrgetel tii-
rudel, siis võib nende laagrites tarvitada ainult
erilist head, n.n. turbinõli.

Uut õli tuleb kallata laagritesse sel määral,
kui vana ära tarvitatakse, - umbes üks kord nädalas.

Umbes kord kuus laager tuleb pesta. Selleks
vana õli lastakse laagrist välja, laager pestakse
petrooleumiga või bensiiniga mitu korda, kuni laag-
rist läbi tulnud petrooleum jääb täiesti puhtaks.
Selle järele laager täidetakse uue õliga. Soovitav
on filtreerida õli enne laagrisse kallamist.

Hoolega tuleb jälgida, et laagritest õli ei
satuks dünamo mähistele. Äratöötanud õlis leidub
alati metalliraasukesi, mis koos õliga tungivad mä-
histe isolatsioonile ja nõrgendavad viimast.

36. Dünamo käivitamine. Enne käivitamist dünamo tuleb hoolikalt järelevaadata:

- 1) Dünamo peal ja lähedal ei tohi olla kõrvalisi asju, nagu võtmeid, lahtiseid polte jne., mis töötamisel võivad sattuda dünamo sisse ja seda vigastada.
- 2) Kõik kruvinäpitsad peavad olema puhtad ja kindlalt kinni keeratud.
- 3) Harjad peavad olema õiges asendis ja hästi vastu kollektorit surutud.
- 4) Kollektor peab olema puhas.
- 5) Laagrid peavad olema õliga täidetud ja õlitusrõngad peavad vabalt liikuma.
- 6) Dünamo pealülija peab olema välja tõmmatud, peakaitse sees.
- 7) Šuntreostaadi käepide peab seisma täiesti välja viidult tühjal nupul.

Kui kõik on korras, käivitatakse dünamo jõumasina ja, kui tiirud tõusevad normaalkõrguseni, tõstetakse pinge šuntreostaadi abil üles.

Nüüd ühendatakse sisse välisahel. Koormamise tagajärjel dünamo pinge vähe langeb, šuntreostaadi abil pinge tuleb uuesti tõsta normaalkõrguseni.

Ei ole soovitatav ühendada dünamole täiskoormat korraga peale. Otstarbekohasem on tõsta voolutugevust aegamööda üksikute gruppide haaval.

37. Dünamo hooldamine töötamisel.

- 1) Voltmeetri järgi tuleb jälgida dünamo pinget, hoides seda šuntreostaadi abil tarvilikul kõrgusel.
- 2) Ampermeetri järgi tuleb jälgida voolutugevust. Kui voolutugevus tõuseb üle lubatud piiri, nii et on karta peakaitsete läbipõlemist, siis pinget tuleb šuntreostaadi abil alla viia; ühes sellega väheneb ka voolutugevus.
- 3) Tuleb jälgida harjade töötamist. Kui dünamol lisapoolused puuduvad, tuleb iga koormatuse muutumise järele harju ümber seada sinna, kus nad töötavad ilma sädemeteta. Kui mõni üksik hari sädemeid annab, siis võib teda järelevaatamiseks kollektorilt üles tõsta.

- 4) Kollektorile kogub töötamisel musta söetolmu. Selle kõrvaldamiseks tuleb kollektorit aegajalt pühkida puhta lapiga.
- 5) Aegajalt tuleb katsuda käega dünamo korpust, kas see mõnest kohast ei lähe liiga tuliseks.
- 6) Hoolikalt tuleb jälgida dünamo laagreid. Kuna dünamod harilikult töötavad kõrgetel tiirudel, siis nende laagrid lähevad võrdlemisi soojaks. Laagrite soojenemist võib lubada kuni 60° C kõrgemale ümbritseva õhu temperatuurist. Praktiliseks käsitlemiseks on kohane järgmine lihtis reegel: dünamo laagreid võib lasta ainult nii soojaks minna, et oleks võimalik hoida paljast kätt laagril ühe minuti kestel.
- 7) Kui dünamo peakaitsed põlevad läbi, siis kõigepealt tuleb välja tõmmata pealülija. Alles selle järele pannakse kohale uued kaitsed. Enne välisahela sisseühendamist tuleb kindlaks teha kaitsete läbipõlemise põhjus ja see kõrvaldada. Dünamo-ruumis peab olema töötamise ajaks valmis pandud mingi tagavaravalgustus, näiteks petrooleumilamp.

38. Dünamo seisujätmine.

- 1) Enne seisujätmist dünamo koorem tuleb välja lülida või teisele dünamole üle viia.
- 2) Kui pealülija on välja tõmmatud, viiakse pinige šuntreostaadi abil alla.
- 3) Dünamo jõumasin pannakse seisma.
- 4) Kohe pärast seisujätmist dünamo kollektor ja sisemus tulevad hoolikalt puhastada puhta lapiga või pintsliga ja käsilõõtsaga.

39. Dünamotes tekkivate rikete põhjused ja nende kõrvaldamine.

Alljärgnevates tabelites on käsitatud dünamote juures sagedamini ette tulevad rikked.

Põhjus. Rikke tundemärgid ja kõrvaldamine.

I. Dünamo ei võta pinget üles.

- 1) Lühiühendus või Sagedamini ette tulev põhjus.

- katkestus ergutuse-
ahelas.
- 2) Liiga nõrk järelmag-
netism.
- 3) Liiga väiksed tiirud.
- 4) Harjade hoiderõngas
on kohalt liikunud.
- 5) Ergutuseahela otsad
on valesti ühendatud
harjadega.
- 6) Liiga väike takistus
haruvoolu-dünamo vä-
lisahelas.
- 7) Liiga suur takistus
peavooludünamo välis-
ahelas.
- Dünamo ei võta pinget
üles ka siis, kui juhime
välisvoolu ergutuseahe-
lasse. Ergutuseahel jä-
rele vaadata ja korda
seada.
- Magnetipoolused tõmbavad
rauda nõrgalt ligi. Mõni-
kord saab pinge üles, kui
tiirud mõneks sekundiks
normaalsetest kõrgemale
tõsta. Kui see ei aita,
tuleb välisvoolu ergutu-
seahelasse lasta.
- Suurendada jõumasina tii-
rusid.
- Hoiderõngas kohale seada
ja hoolikalt kinnitada.
- Välisvoolu juhtimisel
ergutuseahelasse muutu-
vad harjade nimetused.
Ergutuseahela otsad vahe-
tada.
- Välisahela takistust
suurendada.
- Välisahela takistust
vähendada.

II. Sädemete tekkimine harjade all.

- 1) Harjad on ühes hoide-
rõngaga kohalt lii-
kunud.
- Kõik harjad annavad sädet
ühtlaselt. Hoiderõngast
edasi-tagasi nihutades,
leida koht, kus sädele-
mine lõpeb.

- | | |
|--|---|
| 2) Dünamo on üle koormatud. | Vähendada koormatust. |
| 3) Harjad on lahti ja hüplevad kollektoril. | Suurendada harjade vedru-
de survet. |
| 4) Harjad on halvast materjalist. | Vahetada harjad. |
| 5) Harjad on halvasti lihvitud. | Harjad uuesti lihvida. |
| 6) Kollektor on must või krobeline. | Kollektor puhastada või poleerida. |
| 7) Katkestus ankrumähises. | Hele säde jookseb ringi ümber kollektori. Vigastatud kohaga ühendatud lamellidel tekib põlenud täpp. Ankur ümbermässida. |
| 8) Lühitühendus ankrumähises. | Ankur läheb õige tuliseks. Põlemise hais. Ankur ümbermässida. |
| 9) Lühitühendus mõne elektromagneti mähises. | Vigastatud elektromagnet jääb külmaks, kuna teised elektromagnetid lähevad liiga tuliseks. Kontrollida ja korda seada elektromagnetite mähised. |

III. Kollektor läheb liiga tuliseks.

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 1) Harjade sädelemine. | Kõrvaldada harjade sädelemine. |
| 2) Harjade surve on liiga suur. | Vähendada survet. |

- 3) Harjad on liiga pehmed. Kollektorile tekib ruttu must kord. Vahetada harjad.
- 4) Kollektor on must. Puhastada kollektor.

IV. Laagrid lähevad liiga tuliseks.

- 1) Laagrid on mustunud. Õli pikemat aega vahetamata, laagrid pesemata. Pesta laagrid, vahetada õli.
- 2) Laagris on liiga vähe või liiga palju õli. Viia õli hulk normaaltasapinnale.
- 3) Halb, mittekohane õli. Vahetada õli.
- 4) Võll on kõver, võlli kaelad halvasti lihvitud. Õiendada võll, lihvida võlli kaelad.
- 5) Laagri pooled on halvasti saaberdatud. Uuesti saaberdada.

V. Dünamo on tümber magneetunud.

- 1) Dünamosse on sattunud mingil põhjusel vastupidise suunaga vool. Lasta välisvoolu õiges suunas ergutuseahelasse. Kui võrk on voolu all, siis tuleb selleks dünamo harjad kollektorilt üles tõsta ja dünamo pealülija aeglaselt sisse ja välja lülida.

II. Elektromootorid.

40. Töötamise põhimõte. Elektromootorite töötamine põhjeneb magnetivälja ja elektrivoolu vastastikusel mõjustusel, mis avaldub selles, et magnetiväli lükkab temasse asetatud voolujuhet perpendikulaarselt jõujoontele. Tõukejõud omab kindla suuna, mille võime määrata alljärgneva vasakukäeseaduse abil:

kui asetame vasaku käe nii, et jõujooned tulevad peopesasse ja sõrmed näitavad voolu suunda, siis väljasirutatud põial näitab juhtme liikumise suunda.

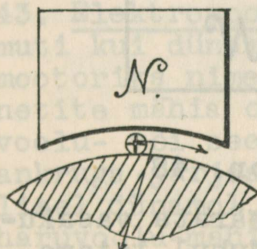
Tõukejõu suurus, nagu näitavad teoreetilised arvutused, on proportsionaalne magnetivälja tugevusega, voolutugevusega ja juhtme pikkusega ning väljendub järgmise valemiga:

$$F = H \cdot I \cdot l$$

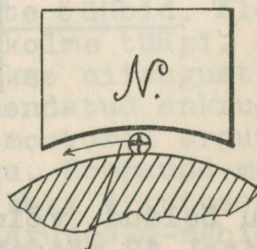
Siin tähistavad: H - magnetivälja tugevust, I - voolutugevust ja l - juhtme pikkust.

41. Dünamomasina pöördumus. Dünamomasinad, nagu teame, töötavad elektromagnetilise induktsiooni põhimõttel. Elektromagnetite tekitatud magnetivoos tiirleb ankur ja ankrumähises indutseerub elektromotoorne jõud. Juhime aga nüüd dünamosse voolu elektrivõrgust. Ergutusemähisesse minev vool tekitab tugeva

magnetivoo. Ankrumähis, millest ka vool läbi käib, asub selles magnetivoos. Voolu ja magnetivoo vastastikuse mõjustuse tagajärjel ankur hakkab tiirlema (joonis 46). Dünamomasin muutub seega elektrijõumasinaks ehk elektromootoriks.



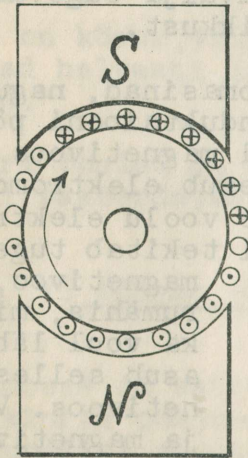
dünamo tiirlemise suund.



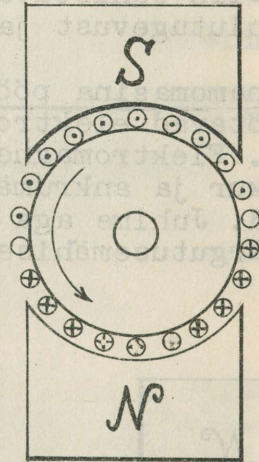
mootori tiirlemise suund.

Iga alalise voolu masin, järelikult, on pöörduv. Niikaua kui mõni jõumasin tema ankrut ringi ajab, töötab ta dünamona, s.t. muudab mehaanilise energia elektriliseks. Juhime aga alalise voolu masinasse välisvoolu, siis ta töötab elektromotorina ja muudab elektrilise energia mehaaniliseks. Alalise voolu mootorid, järelikult, on konstruktsioonilt ühesugused dünamomasinatega. Samuti kui dünamo, elektromootor koosneb korpusest, elektromagnetitest, ankrust, kollektorist, harjadest j.n.e. Dünamomasina kollektor on voolu õiendajaks. Elektromootoris kollektor täidab umbkaudselt sama ülesannet, nimelt ta jaotab ankruvoolu, nii et mingist magnetipoolusest mööduvates ankrumähise juhtmeis voolu suund on alati ühesugune.

42. Elektromootori tiirlemise suund. Elektromootori



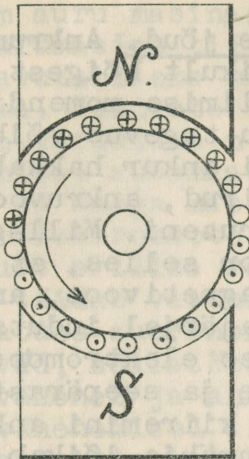
Joon. 47.



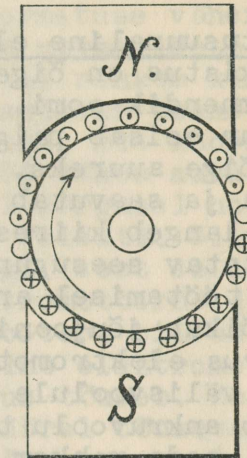
Joon. 48.

tiirlemise suuna, nagu õeldud, võime määrata vasakukäeseaduse abil. Joonisel 47 näidatud juhul leiame selle seaduse abil, et mootori tiirlemise suund on vastupidine kellaosuti liikumisele. Muudame nüüd ankruvoolu suuna (joonis 48), jättes magnetivoo suuna

endiseks. Hõlpus on kontrollida, et sel juhul tiirlemise suund on vastupidine eelmisele. Muutes mag-



Joon. 49.



Joon. 50.

netivoo suuna ja jättes ankruvoolu suuna endiseks (joonis 49), näeme, et ka nüüd tiirlemise suund vastupidiseks muutub. Muutes aga mõlemite, s.o. magnetivoo ja ankruvoolu suuna korraga (joonis 50), näeme, et tiirlemise suund jääb endiseks. Silmas pidades, et magnetivoo suund muutub ergutusvoolu suuna muutmisel, võime tõendada, et elektromootori tiirlemise suund muutub voolusuuna muutmisega kas ankrus või elektromagnetite mähistes. Muudame aga voolusuunda mõlemas korraga, siis tiirlemise suund jääb endiseks.

43. Elektromootorite tüübid. Elektromootoreid on samuti kui dünamoid kolme tüüpi. Haruvoolu- või süntmootoriks nimetatakse niisugust, millel ergutusemagnetite mähis on ühendatud ankruga paralleelselt. Peavoolu- või seeriesmootoril ergutusemähis on ühendatud ankruga järjestikku. Kompaund-mootoril, nagu samanimelisel dünamol, on kaks ergutusemähist - peavoolu- ja haruvoolu-mähis. Haruvoolu-mähis on ühendatud ankruga paralleelselt, peavoolu-mähis - järjestikku. Kompaund-mootorid jagunevad veel kahte liiki. Neid, millistel ergutusemähiste magnetivooegade suunad on ühesugused, nimetatakse lihtsalt kompaund-mootoreiks.

Neid aga, millistel peavoolu-mähise magnetivoog on vastusuunaline haruvoolu-mähise magnetivoole, nimetatakse differentsiaal-mootoreiks.

44. Vastusuunaline elektromotoorne jõud. Ankrumähise takistus on õige väike, harilikult kõigest mõni kümnendik oomi. Voolu sisselülamise momendil, kui ankur seisab paigal, ankruvoolu tugevus võib tõusta õige suureks. Niipea aga kui ankur hakkab tiirlema ja saavutab normaalsed tiirud, ankruvoolu tugevus langeb kiiresti normaalsuuruseni. Millega on seletatav seesugune nähe? Lugu on selles, et mootori töötamisel ankur tiirleb magnetivoos, ankrumähis lõikab jõujooni ja selle tagajärjel indutseerub ankrus elektromotoorne jõud. See elektromotoorne jõud on välisvoolule vastusuunaline ja seepärast vähendab ankruvoolu tugevust. Mida kiiremini ankur tiirleb, seda rohkem jõujooni ankrumähis lõikab, seda suurem on vastusuunaline elektromotoorne jõud ja seda väiksemaks jääb ankruvoolu tugevus. Voolu sisselülamise momendil, kui ankur seisab paigal, vastusuunaline elektromotoorne jõud on null ja ankruvoolu tugevus võib tõusta õige suureks. Niipea kui ankur hakkab tiirlema, tekib vastusuunaline elektromotoorne jõud ja ankruvoolu tugevus langeb.

Matemaatiliselt näpitspinge, ankruvoolu tugevuse ja vastusuunalise elektromotoorse jõu vaherkord väljendub valemiga:

$$I_a = \frac{U - E}{R_a}$$

Siin tähistavad: I_a - ankruvoolu tugevust, R_a - ankrutakistust, U - näpitspinget, E - vastusuunalist elektromotoorset jõudu. Toodud valemist järgneb, et

$$U - E = I_a \cdot R_a,$$

s.t., et elektromootori vastusuunaline elektromotoorne jõud on väiksem näpitspingest pingekaotuse võrra ankrus.

45. Ankruvoolu tugevus. Võrdleme elektromootorit mingi teise jõumasinaga, näiteks aurumasinaga. Kui

aurumasina koormatust suurendame, siis näeme, et masina tiirud langevad. Tiirude tõstmiseks endisele kõrgusele peame auruventiili rohkem lahti keerama - rohkem auru masinasse laskma. Koormatuse vähenemisel aurumasina tiirud tõusevad ja normaalsete tiirude saavutamiseks peame auruventiili rohkem kinni keerama. Kindlate tiirude saavutamiseks peame aurumasina varustama n.n. regulaatoriga, mis koormatuse muutumisel automaatselt rohkem või vähem auru peale laseb ja seega masina tiirud ühel kõrgusel hoiab.

Elektromootoritega on lugu teisiti. Siin pole vajadust erilise regulaatori järgi, sest selle ülesannet täidab vastusuunaline elektromotoorne jõud. Koormatuse suurenemisel elektromootori tiirud vähe langevad, selletõttu vastusuunaline elektromotoorne jõud väheneb ja ankruvoolu tugevus tõuseb. Koormatuse vähenemisel tiirud teatud määral tõusevad ja vastusuunalise elektromotoorse jõu suurenemise tõttu ankruvoolu tugevus langeb. Ankruvoolu tugevus seega alati vastab mootori koormatusele.

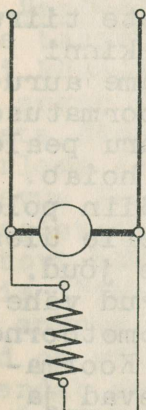
Tuleb muidugi tähendada, et elektromootoris, nagu igas teises jõumasinas tulevad ette mitmesugused kaod. Need on ankru- ja ergutusemähist läbistava voolu oomilised kaod, keerisvoolude kaod, hüstereesise kaod ja mehaanilised hõõrumise kaod. Nende kaodude tagajärjel elektromootori kasulik mehaaniline töö on alati väiksem võrgust võetavast elektrienergiast. Elektromootori kasukraad oleneb mootori võimsusest ja tiirude arvust. Suurema võimsusega mootorid on üldiselt ökonoomsemad. Sel ajal kui 1-2 HP võimsusega mootori kasukraad on kõigest umbes 0,75, tõuseb ta 30 HP mootoritel kuni 0,90. Aeglaste tiirudega mootorid on sellejuures vähem ökonoomsed kõrgetiirulistest, peale selle esimesed on suuremad, raskemad ja seepärast ka kallimad.

46. Pöördemoment. Elektromootori pöördemoment väljendub valemiga:

$$M = K \cdot I_a \cdot \Phi.$$

Siin tähistavad: I_a - ankruvoolu tugevust, Φ - magnetivoo suurust ja K - teatud koeffitsienti. Elektromootori pöördemoment järelikult on proportsionaalne ankruvoolu tugevusega ja magnetivoo suurusega.

47. Haruvoolu-mootor. Haruvoolu- ehk šuntmootoril



(joonis 51) ergutusemagnetite mähis on teatavasti ühendatud ankruga paralleelselt. Võrgust tulev vool (I) järelikult haruneb mootoris ankruvooluks (I_a) ja ergutusevooluks (I_m), seega

$$I = I_a + I_m.$$

Jääb näpitspinge (U) konstantseks, siis ergutusevool $I_m = U/R_m$ ja selletõttu ka magnetivoo suurus on konstantne.

Voolutugevus on mootori pöördemomendiga peaaegu proportsionaalne. Mootori tiirud on peaaegu konstantsed ja seepärast haruvoolu-mootor veab nii väikset kui ka suurt koormat ligikaudselt võrdse kiirusega.

Joon. 51.

Kujutame näiteks, et haruvoolu-mootoriga varustatud elektritrammivagun liigub tasasel teel teatud

kiirusega. Kui nüüd see vagun hakkab mäest üles sõitma, siis tunduvalt suureneb mootori koormatus; kuna aga tiirud peaaegu ei muutu, siis haruvoolu-mootor viib vaguni mäest üles peaaegu samakiiresti kui mööda tasast tänavat. Muidugi, kiirel ülesõidul märke mootor tarvitab palju rohkem voolu ja peab omama küllaldase võimsusetagavara.

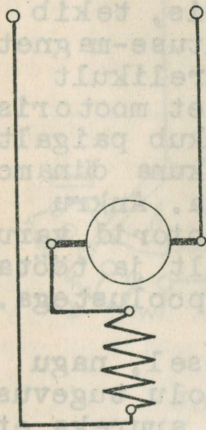
Šuntmootoreid kasutatakse igalpool seal, kus on tarvilik ühtlane tiirlemiskiirus, nagu treipinkide ja pumpade ümberajamisel

48. Peavoolu-mootor. Peavoolu-ehk seeriesmootoril, nagu samanimelisel dünamolgi, ergutusemähis on ühendatud ankruga järjestikku ja magnetivoo suurus selle tõttu täielikult oleneb ankruvoolu tugevusest. Pöördemomendi üldisest valemist

$$M = K \cdot I_a \cdot \Phi$$

võime järeldada, et peavoolu-mootori pöördemoment oleneb ainult ankruvoolu tugevusest ja sugugi ei olene tiirlemiskiirusest ega näpitspingest. Samast valemist

võime veel järeldada, et peavoolu-mootori pöörde-moment ei muutu proportsionaalselt voolutugevusega, vaid palju kiiremini. Suur pöördemoment võrdlemisi väikse ankruvoolu tugevuse juures kujutab peavoolu-mootori suurimat paremust, mis on eriti tähtis siis, kui mootorit tuleb käivitada koormatult, s.t. kui paigaltvõtmiseks mootor peab arendama normaalsest tunduvalt suurema pöördemomendi. Peavoolu-mootori skeem on näidatud joonisel 52.



Joon. 52.

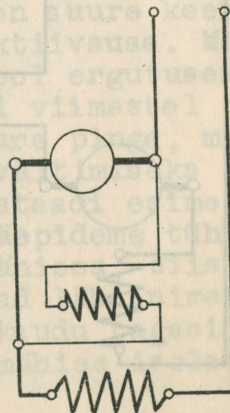
Peavoolu-mootoril koormatuse suurenemisel tiirud langevad, koormatuse vähenemisel, ümberpöörduvalt, tõusevad. Tühjalt peavoolu-mootor ei või töötada, sest siis hakkaks ta liiga kiiresti tiirlema.

Peavoolu-mootoriga varustatud trammivagun sõidab mäest üles palju aeglasemalt kui mööda tasast tänavat, sest koormatuse suurenemisel mootori tiirud langevad. Sellejuures peavoolu-mootor, mis vaguni aeglaselt mäest üles viib, tarvitab palju vähem voolu kui haruvoolu-mootor, mis viib vaguni märke samakiiresti kui mööda tasast tänavat. Seeriesmootor on niisugusel juhul palju ökonoomsem

haruvoolu-mootorist.

Peavoolu-mootori ülesseadmisel tuleb pidada silmas, et teda ei tohi lasta tühjalt töötada. Seepärast peavoolu-mootor seotakse koormaga alati kindlalt, näiteks hammasrataste abil.

49. Kompaund-mootor. Kompaund-mootorid (joonis 53), nagu nägime, olid kahte liiki: lihtsad kompaund-mootorid ja differentsiaal-mootorid. Differentsiaal-mootoreid kasutatakse harva, sest nad on töötamisel ebastabiilsed. Kompaund-mootor on



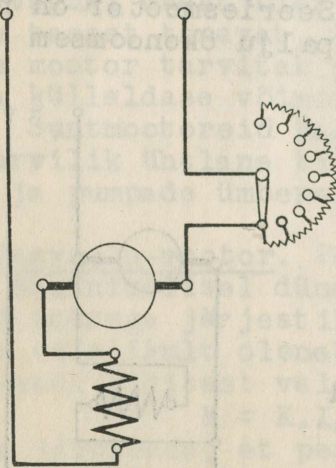
Joon. 53.

omadustelt midagi keskmist haruvoolu- ja peavoolu-mootori vahel. Olenevalt haruvoolu- või peavoolu-mähise ülekaalust kompaund-mootor ligineb omadustelt ühele või teisele tüübile.

Haruvoolu-mähise mõjul kompaund-mootor võib ka tühjalt töötada, ilma et ta hakkaks lõhkuma. Peavoolu-mähis suurendab peajasjalikult pöördemomenti mootori käivitamisel ja vähendab tiirusid koormatuse suurenemisel.

50. Ankru reaktsioon. Samuti nagu dünamois, tekib elektromootoreis töötamisel lisaks ergutuse-magnetiväljale ankru magnetiväli, - ilmestub järelikult ankru reaktsioon. Ainus vahe on selles, et mootoris ankru reaktsiooni mõjul neutraaljoon nihkub paigalt ankru tiirlemisele vastupidises suunas, kuna dünamois see sündis ühes suunas ankru tiirlemisega. Ankru reaktsiooni kaotamiseks kõik suuremad mootorid varustatakse lisapoolustega, millised ehituselt ja töötamiselt on ühesugused dünamomasinate lisapoolustega.

51. Käivitusereostaat. Mootori käivitamisel, nagu nägime, ankruvoolu tugevus võib tõusta nii suureks, et põletab mähised läbi. Selle vältimiseks lülitakse käivitamisel ankrumähisega järjestikku n.n. käivitusereostaat, mis takistab voolutugevuse ülemäärast tõusu.



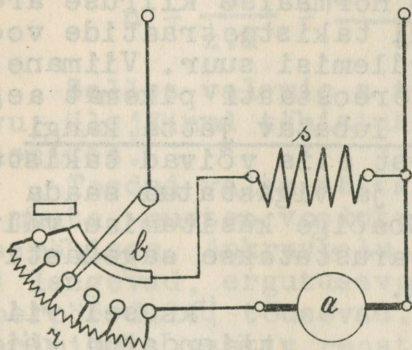
Joon. 54.

Peavoolu-mootori käivitusereostaadi ühenduseviis on näidatud joonisel 54. Voolu sisselülamise momendil käivitusereostaat on täielikult lülitatud ankruga järjestikku. Niipea kui ankur hakkab tiirlema, indutseerub ankrus vastusuunaline elektromotoorne jõud ja selle kasvamisel võime reostaati järkjärgult välja lülida.

Kui mootori tiirud tõusevad normaalseteks, lülitakse reostaat täiesti välja. Käivituserestaat, järelkult, tuleb välja lülida aeglaselt, peatades käepidet iga nupul, et anda aega mootorile tiirusid liisada. Mootori peatamisel, ümberpöörduvalt, tuleb reostaat kiiresti sisse lülida.

Joonisel 55 näeme haruvoolu-mootori käivituserestaati.

Vasakut ülemist nuppu nimetatakse tühjaks nupuks. Kui käepide seisab sellel, siis vool on täiesti katkestatud. Vaskliist (b) juhib voolu ergutusmähisesse (s). Käepideme asetamisel esimesele kontaktnupule läheb ergutusmähisesse täie tugevusega vool, kuna ankrusse (a) vool pääseb ainult läbi reostaadi (r). Käepideme viimisel allapoole reostaat lülitakse järkjärgult välja ja



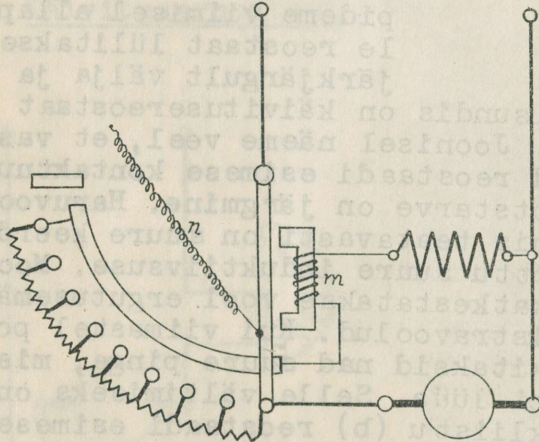
Joon. 55.

käepideme vertikaalseisundis on käivituserestaat täiesti välja lülitatud. Joonisel näeme veel, et vaskliist (b) on ühendatud reostaadi esimese kontaktnupuga. Selle ühenduse otstarve on järgmine. Haruvoolu-mootori ergutusmähis teatavasti on suure keerdude arvuga ja omab selletõttu suure induktiivsuse. Mootori peatamisel, kui katkestatakse vool ergutusmähises, tekivad selles ekstravoolud. Kui viimastel poleks kuhugi minna, tekitaksid nad suure pinget, mis võiks isolatsioonile läbi lüüa. Selle vältimiseks ongi juhe, mis ühendab vaskliistu (b) reostaadi esimese kontaktnupuga. Kui viimise reostaadi käepideme tühjale nupule ja katkestame voolu ergutusmähises, siis viimases tekivad ekstravoolud lähevad läbi nimetatud lisajuhtme reostaati ja sealt ankruga kaudu tagasi ergutusmähisesse, ilma et ähvardada mähise isolatsiooni.

Käivituserestaatide takistuseks on nikelliniist, uushõbedast või muust selletaolisest materjast

list takistustraadid, millised on keeratud kokku spiraalideks või mähitud portselansüdamikudele. Raud takistustraadiks ei kõlba, sest ta roostetaks ruttu läbi. Lubatav soojenemine on spiraalidesse keeratud traatidel 200°C , portselansüdamikele mähitud traatidel - 300°C . Kaitseks külgepuutumise eest takistustraadid on kaetud metallvõrguga, mis jahutusõhku vabalt läbi laseb.

Käivitusereostaat on voolu all ainult lühikest aega, mida mootor vajab normaalse kiiruse arendamiseks. Seepärast reostaadi takistustraadide voolutihedus on ette nähtud võrdlemisi suur. Viimane asjaolu aga ei luba käivitusereostaati pikemat aega voolu all hoida, s.t. ei ole lubatav jätta kangi mingisse vaheseisundisse, sest siis võivad takistustraadid liiga tuliseks minna ja vigastatud saada - reostaat võib läbi põleda. Ebaõige käsitamise vältimiseks käivitusereostaadid varustatakse sagedasti sellekohaste vastuabinõudega.



Joon. 56.

Üks sel viisil täiendatud käivitusereostaat on näidatud joonisel 56. Siin kontaktkang tõmbub nullseisundisse vedru (n) mõjul. Töötamisel hoiab kontaktkangi tööseisundis elektromagnet (m), mille mähis on ühendatud järjestikku mootori ergutusemähisega. Mingisse vaheseisundisse kontaktkang vedru (m) mõjul peatuma ei jää. Kirjeldatud seadis kujutab endast

ka minimaalkatkestajat, sest ta viib automaatselt reostaadi sisse, kui vool võrgus katkeb. Sellega hoitakse ära ankrumähise läbipõlemise võimalus voolu

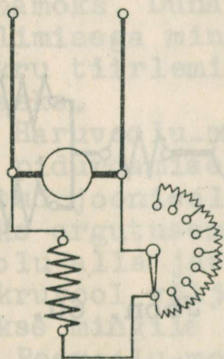
sisselülimisel. Peale selle reostaat viiakse sisse ka siis, kui mootori ergutusevool mingil põhjusel katkeb.

52. Elektromootori tiirude reguleerimine. Elektromootori ankrude tiirude arv on päriproportsionaalne vastusuunalise elektromotoorse jõuga ja vastuproportsionaalne magnetivoo suurusega, nimelt:

$$n = \frac{E}{z \cdot \Phi} = \frac{U - R_a \cdot I_a}{z \cdot \Phi}$$

Selles valemis z tähistab ankrude küljjuhtmete arvu, ülejäänud tähistused on samad kui eelmistes valemites.

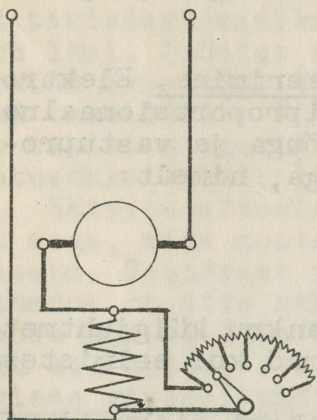
Toodud valem näitab, et mootori tiirusid võime muuta, muutes voolutugevust kas ankrus või ergutusemähis. Ankruvoolu tugevuse vähendamisel tiirud langevad, ergutusevoolu tugevuse vähendamisel, ümberpöörduvalt, tõusevad. Ankruvoolu tugevuse reguleerimiseks vastav reostaat lülitakse järjestikku ankruga. See tiirude reguleerimise viis ei ole aga kasulik, sest reostaadis läheb kaduma palju kasulikku energiat.



Joon. 57

Harilikult tiirusid reguleeritakse ergutusevoolu tugevuse muutmisega. Joonisel 57 näeme, et haruvoolu-mootori tiirude reguleerimise reostaat lülitakse järjestikku ergutusemähisega. Reostaadi sisseviimisel ergutusevoolu tugevus langeb ja tiirud tõusevad, reostaadi väljaviimisel tiirud, ümberpöörduvalt, langevad. Tiirusid saab selle juures reguleerida võrdlemisi laiades piirides.

Peavoolu-mootoril (joon.58) tiirude reguleerimise reostaat lülitakse paralleelselt ergutusemagnetite mähisega.

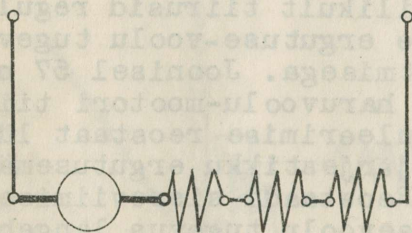


Joon. 58.

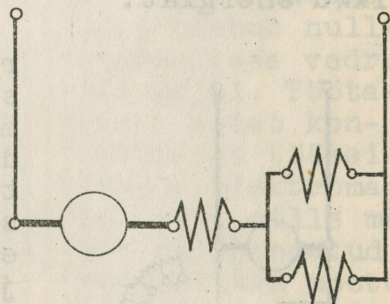
des neid kas järjestikku (joon.59) või paralleelselt

Reostaadi väljaviimisel er-
gutusevoolu tugevus ja mag-
netivoo suurus langevad ja
tiirud selletõttu tõusevad.
Reostaadi sisseviimisega
magnetivoog tugevneb ja
tiirud langevad.

Veel ökonoomsemalt võime
reguleerida peavoolu-mootori
tiirusid joonistel 59, 60
ja 61 näidatud viisil. Ka
sel juhul reguleerimine põh-
jeneb magnetivoo suuruse
muutmisel, ainult puudub
reostaat ja seepärast ei ole
energia kadu reostaadis.
Ergutusemagnetite mähis on
jagatud kolme sektsiooni,
milliseid võime ümber lülida
vastava lülitaja abil lüli-



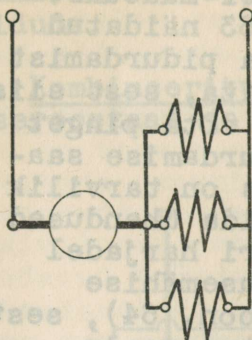
Joon. 59.



Joon. 60.

(joon.61), või teatud gruppidesse (joon.60), või
isegi mõnda sektsiooni täiesti välja lülides.

Kõige väiksema kiiruse saavutamise esimesel ju-
hul, kui kõik sektsioonid on lülitatud järjestikku.
Igast sektsioonist voolab siis läbi kogu ankruvool
ja magnetivoog on kõige tugevam. Joonisel 60 näida-



Joon. 61.

da tiirleva ankru inertsi, mille tõttu ankur ei jää seisma kohe, vaid tiirleb teatud aja edasi. Mõnedes elektriseadistes, nagu elektri-roolimasinats, töstemehhanismes ja spillides on aga vajalik mootori seisma jäämine otsekohe; nendes kasutatakse mehaanilist või elektrilist pidurdamist.

Elektriline pidurdamine põhjeneb nähtel, et väljalülitatud elektromootor edasitiirlemisel muutub dünamoks. Dünamona töötav mootor koormatakse ankru lülitamisega mingile takistusele ja koormamine kaotab ankru tiirlemise energia, muutes selle Džauli soojuseks.

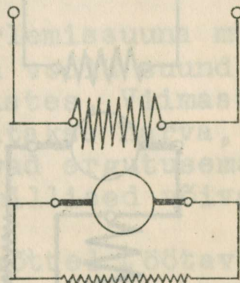
Haruvoolu-mootori elektrilise pidurdamise lülitus on näidatud joonisel 62. Pidurdamiseks ergutusmagnetite mähiseid voolu alla jättes, lülitakse ankruvool välja ja ankur lülitakse mingile takistusele.

Peavoolu-mootori elektriline pidurdamine on keerukam, sest pidurdamisel pesvoolu-mootor muutub peavoolu-dünamoks ja ergutuse saavutamiseks on tarvilik, et voolu suund ergutusmagnetite

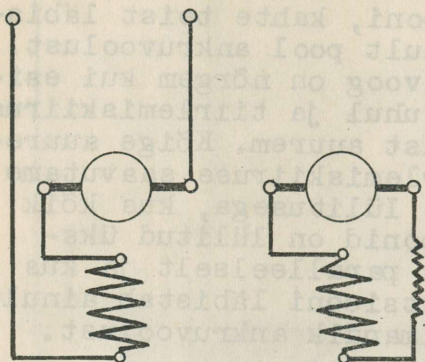
tud lülituse juures kogu ankruvool läbib ainult esimest sektsiooni, kahte teist läbib ainult pool ankruvoolust. Magnetivoog on nõrgem kui esimesel juhul ja tiirlemiskiirus seepärast suurem. Kõige suurema tiirlemiskiiruse saavutatakse viimase lülitusega, kus kõik sektsioonid on lülitatud üksteisega paralleelselt ja kus iga sektsiooni läbib ainult üks kolmandik ankruvoolust.

53. Elektriline pidurdamine.

Mootori peatamisel, s.t. voolu väljalülitamisel, tuleb arvestada



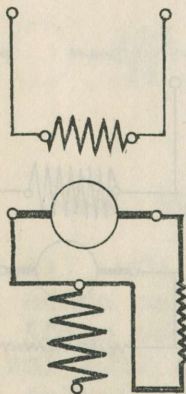
Joon. 62.



Joon. 63.

mähis lülitakse harilikult välja (joon.65), nii et mootor muutub pidurdamisel haruvooludünamoks.

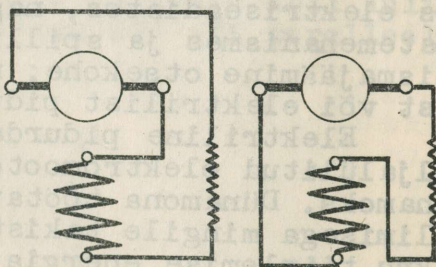
Elektrilisel pidurdamisel ankruvoolu tugevus oleneb takistuse



Joon. 65.

mähistes ei muutuks. Joonisel 63 näidatud lülitusega pidurdamist ei saavutata, sest siis dünamo ei võta pinget üles. Pidurdamise saavutamiseks on tarvilik ümber lülida ühendused kas mootori harjadel või ergutusemähise otstel (joon. 64), sest siis ergutusevoolu suund jääb samaks kui töötamisel.

Kompaund-mootori pidurdamisel peavoolu-



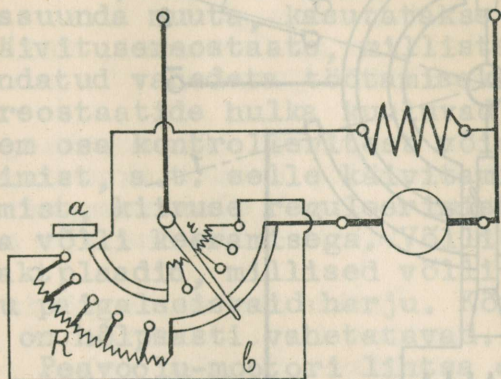
Joon. 64

suurusest, millele ankur lülitakse, nimelt takistuse vähendamisega voolutugevus tõuseb. Kui takistus võrdub nulliga, s.t. kui ankur on lühiühenduses, siis voolutugevus on õige suur ja ankur jääb seisma peaaegu silmapilkselt.

Järsk pidurdamine on aga kahjulik nii mootorile enesele kui ka ülekande

hammasratastele, mispärast sellest tuleb võimalikult hoiduda.

54. Kombineeritud reostaat. Mõnedel mootoreil käivituse-reostaat ja tiirude reguleerimise reostaat on



Joon. 66.

ehitatud kokku.

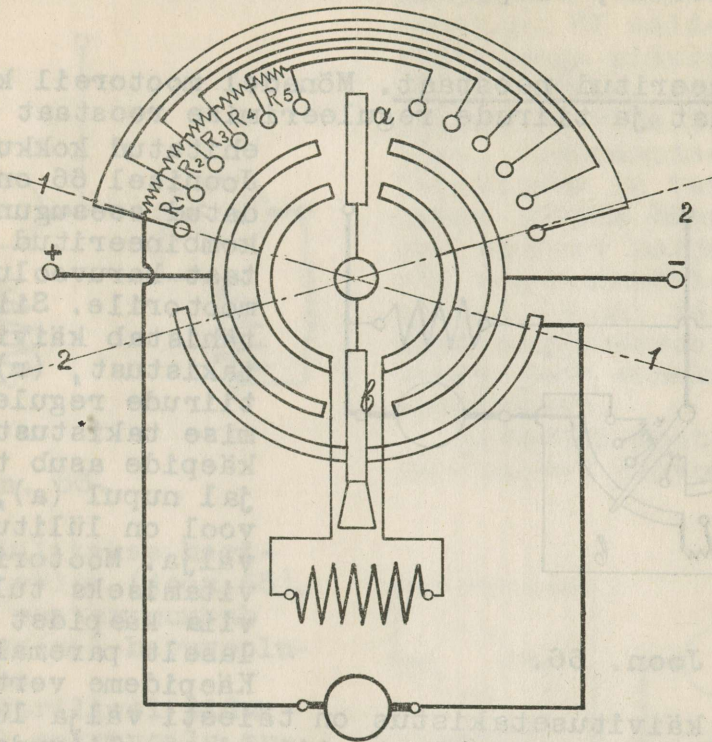
Joonisel 66 on näidatud seesugune kombineeritud reostaat haruvoolu-mootorile. Siin (R) tähistab käivituse-takistust, (r) - tiirude reguleerimise takistust. Kui käepide asub tühjal nupul (a), siis vool on lülitatud välja. Mootori käivitamiseks tuleb viia käepidet aeglaselt paremale.

Käepideme vertikaal-

seisundis käivitusetakistus on täiesti välja lülitatud ja mootor töötab normaalsete tiirudega. Tiirude edaspidiseks tõstmiseks tuleb viia käepidet veel paremale. Sellega reostaat (r) lülitakse järkjärgult sisse ja magnetivoo nõrgenemise tõttu tiirud tõusevad. Juhe (b) voolu katkestamisel lülib ergutusemähise takistuste ja ankru peale.

55. Reversiiv-reostaat. Mootori tiirlemissuuna muutmiseks, nagu nägime, on tarvis muuta voolu suund kas ankrus või elektromagnetite mähistes. Viimast tiirlemissuuna muutmise viisi kasutatakse harva, sest voolu katkestamisel indutseeruvad ergutusemähises tugevapingelised ekstravoolud, millised võivad mähise isolatsiooni vigastada.

Ankruvoolu ümberlüülimise põhimõttel töötav käivituse-reostaat tiirlemise suunda muutmisele haruvoolu-mootorile ehk lühendatult reversiiv-reostaat on näidatud joonisel 67. Reostaadi käepide koosneb



Joon. 67.

kahest üksteisest isoleeritud vaskharjast (a) ja (b). Käepideme vertikaalseisundis vool on täiesti välja lülitatud ja mootor seisab. Mootori käivitamiseks ühes või teises suunas peame keerama käepidet ühes või teises suunas. Seisundites (1) ja (2) käivitusetakistus (R) on täiesti välja lülitatud ja mootor arendab normaalseid tiirusid ühes või teises suunas.

Kirjeldataud reversiivreostaadil on mõned puudused. Esiteks ergutusmagnetite mähis voolu katkestamisel ei saa lülitatud ankru ja reostaadi peale, mille tõttu tuleb arvestada ergutusmähise isolatsioonil läbilöömise ohtu. Peale selle siin puudub seadis, mis keelaks voolu sisselülitamist, enne kui ankru

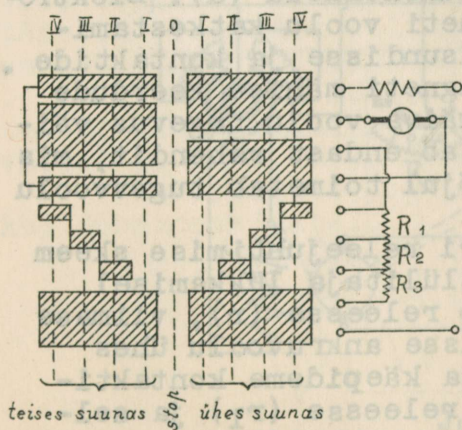
tiirlemine endises suunas on lõppenud. Nendest puudustest vabad reversiivreostaadid on muidugi keerukama ehitusega.

56. Kontroller. Neil juhtudel, kui töö iseloomu tõttu on tarvis elektromootorit sagedasti käivitada ja peatada, samuti ka kiirust reguleerida ja tiirlemissuunda muuta, kasutatakse erikonstruktsiooniga käivituseereostaate, milliste konstruktsioon on kohandatud vahedeta töötamiseks. Seesuguste käivituseereostaatide hulka kuuluvad n.n. kontrollerid. Suurem osa kontrolleritest võimaldab elektromootori juhtimist, s.t. selle käivitamist, tiirlemissuuna muutmist, kiiruse reguleerimist ja peatamist ühe ainsa võlli keeramisega. Võlli külge on kinnitatud kontaktplaadid, millised võlli keeramisel puutuvad vastu paigalseisvaid harju. Kõik töötamisel kuluvad osad on hõlpsasti vahetatavad.

Peavoolu-mootori lihtsa ehitusega kontrolleri lülituskava on näidatud joonisel 68. Punktidega tähistatud harjad seisavad paigal, kuna võlli külge kinnitatud kontaktplaadid, millised joonisel näidatud laiaili sirutatult, võlli keeramisel teatud jär-

jekorras puudutavad harju ja toimetavad vajalikke ümberlülitusi. Kujutatud kontroller võimaldab käivitada mootorit ühes või teises suunas nelja mitmesuguse kiirusega olenevalt sisselülitatud reostaadi sektsioonide (R_1), (R_2) ja (R_3) arvust.

Tegelikult kontrollerid on keerukama ehitusega, nimelt nad on veel varustatud elektrilise pidurdamise seadise. Voolu väljalülitimisel harjade ja

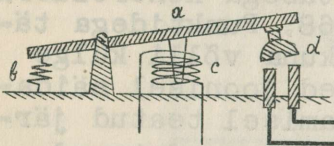


Joon. 68.

kontaktplaatide vahel tekkida võivad Volta-kaare ärahoiuks kõik kontrollid on varustatud elektromagnetiliste sädemekustutajatega. Sädemekustutaja töötamine põhjeneb voolu ja magnetivoo vastastikusel mõjustusel. Sädemekustutaja koosneb tugevast elektromagnetist, mille laiendatud poolus asetatakse harjade kohale. Tugev magnetivoo rebib katki Volta-kaare kohe selle tekkimisel.

Kontrollereid kasutatakse ka laevadel, näiteks elektrivintside ja spillide juures.

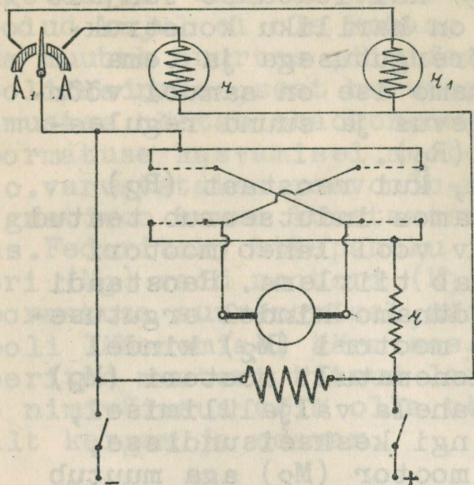
57. Releejuhtimine. Elektromootorite hõlpsamaks juhtimiseks, eriti teatud kauguselt, kasutatakse sagedasti releejuhtimist. Relee koosneb elektromagnetist, mille ankur külgetõmbumisel lülib sisse ühe või mitu paari kontakte.



Joon. 69.

Ühekordse relee põhimõteline kuju on näidatud joonisel 69. See relee koosneb kangist (a), mille vasakpoolset otsa vedru (b) tõmbab alla. Voolu juhtimisel elektromagnetisse (solenoidi) (c) kangi parempoolne ots tõmbub alla ja sellega lülitakse sisse voolukontaktid (d). Elektromagneti voolu katkestamisel kang tõmbub endisesse seisundisse ja kontaktide (d) ühendus katkeb. Elektromagneti mähise keerdude arv on suur ja sellest läbi käiva voolu tugevus väike. Kokku võetult relee kujutab endast vahendit, mis temasse juhitava nõrkvoolu mõjul toimetab tugevvoolu lülimesi.

Väikse haruvoolu-mootori releejuhtimise skeem on näidatud joonisel 70. Juhtlülitaja lükkamisel kontaktile (A) juhtvool läheb releesse (r), viimase ankur tõmbub ligi ja lülib sisse ankruvoolu ühes suunas. Asetame aga juhtlülitaja käepideme kontaktile (A₁), siis juhtvool läheb releesse (r₁) ja sellega ankruvool lülitakse sisse vastupidises suunas. Käivitusetakistus (r) jääb käesoleval juhul kestvalt sisse lülituks. Releejuhtimine võimaldab ka käivitu-



Joon. 70.

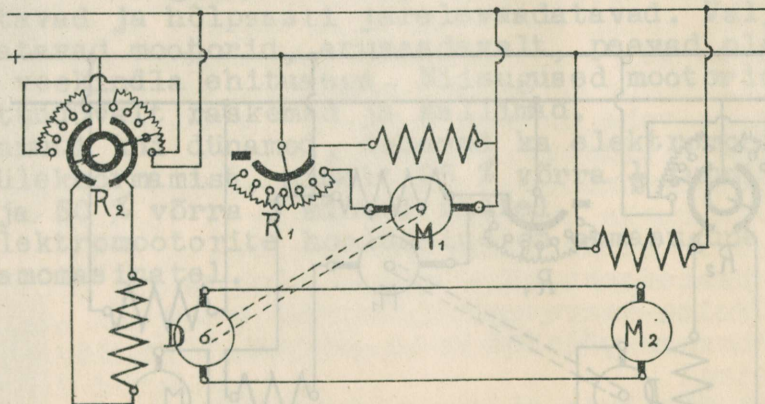
käivituse-reostaadita kasutatakse sagedasti Vard-

sereostaadi sisse- ja väljalülitist, samuti mootori kiiruse reguleerimist, milleks releede arvu vastavalt suurendatakse ja juhtmes-tikku täiendatakse.

Releejuhtimist kasutatakse laevadel elektrivintside ja elektri-roolimasinate juures.

58. Vard-Leonardi

süsteem. Tugevajõuliste elektromootorite painduvaks juhtimiseks ja nende käivitamiseks täiekoormatuse all ilma



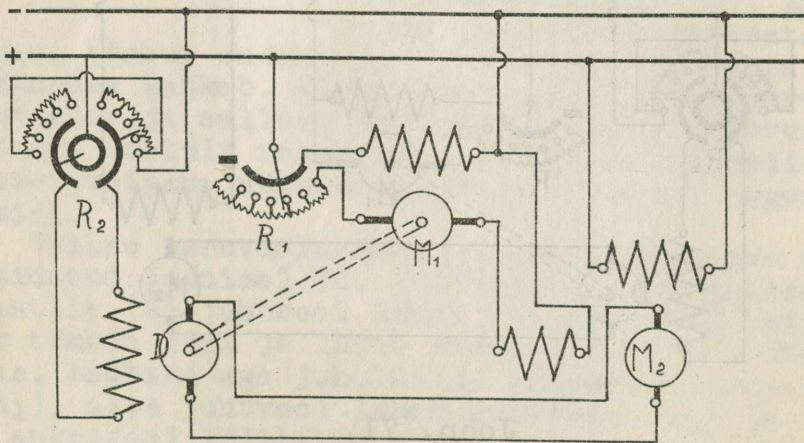
Joon. 71.

Leonardi juhtimissüsteemi. Vard-Leonardi skeemi järgi (joon.71) vajatakse elektromootori (M_2) juhti-

miseks erilist mootordünamot (M_1-D), mis töötab vahedeta kogu aja. Mootor (M_2) käivitatakse tühjalt ja ta käivitusereostaat (R_1) on harilikku konstruktsiooniga. Mootor (M_2) on võõrergutusega ja tema ankrut toidab dünamo (D). Dünamo ise on samuti võõrergutusega. Ergutusevoolu tugevus ja suund reguleeritakse reversiivreostaadiga (R_2).

Mootordünamo töötamisel, kui reostaat (R_2) mingis suunas sisse viia, dünamos indutseerub teatud näpitspinge. Selletõttu tekki vool läheb mootori (M_2) ankrusse ja viimane hakkab tiirlema. Reostaadi (R_2) igale seisundile vastab dünamo kindel ergutuseaste, millele omakorda vastab mootori (M_2) kindel tiirlemise suund ja kiirus olenematult mootori (M_2) koormatusest. Dünamo ergutuseahela väljalüülimisel, kui asetame reostaadi (R_2) kangi keskseisundisse, dünamo pinge langeb nullile, mootor (M_2) aga muutub dünamoks, mille ankur on ühendatud dünamo ankruga väiksele takistusele. Sel viisil saavutatakse mootori (M_2) elektriline pidurdamine.

Vard-Leonardi süsteemis mootori (M_2) ergutus on konstantne, milletõttu see mootor omadustelt sarnaneb haruvoolu mootoriga, s.t. antud näpitspinge juures mootori tiirud ei olene koormatusest ja moo-



Joon. 72.

tori pöördemoment kasvab proportsionaalselt voolutugevusega. Sellest olenevalt Vard-Leonardi süsteem toodud kujul ei ole kohane siis, kui mootori koormatus muutub suurtes piirides, nagu näiteks elektriroolimasinates, sest haruvoolu-mootor seesugustes tingimustes töötab ebaökoonoomselt. Tiirude vähendamiseks koormatuse kasvamisel mootor (M_2) kompaundeeritakse, s.o. varustatakse peavoolu-mähisega. Peavoolu-mähise magnetivoo suuna konstantsuse saavutamiseks see mähis ins. Fedoritzky ettepaneku järgi ühendatakse mitte mootori (M_2) vaid mootori (M_1) ankrude ahelasse (joon. 72). Koormatuse suurenemisel, näiteks elektriroolimasinal rooli lähenemisel äärmiselt väliseisundisse, kompaundeeritud mootori tiirud langevad. Selletõttu jõuseadise nimivõimsus võib olla väiksem ja seadis ise vastavalt kergem ja odavam.

59. Elektromootorite konstruktsioon ja hooldamine.

Elektromootorite konstruktsioon, nagu varemalt seletatud, sarnaneb täiel määral dünamomasinate konstruktsiooniga. Ehituseviisilt mootorid jagunevad kolme liiki: lahtised, kaitstud ja täiesti kinnised. Täübi valik oleneb ülesseadmise koha tingimustest. Kinnistes ruumides tuleb eelistada lahtise või äärmisel juhul kaitstud ehituseviisiga mootoreid, sest need on hästi ventileeritavad ja hõlpsasti järelevaldatavad. Väljas üles seatavad mootorid, arusaadavalt, peavad olema täiesti veekindla ehitusega. Niisugused mootorid on aga tunduvalt raskemad ja kallimad.

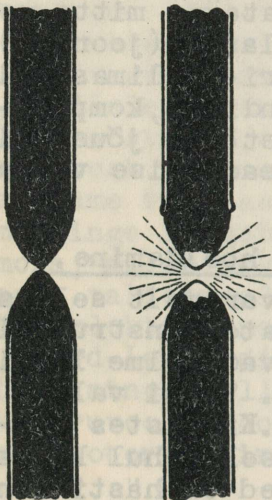
Samuti kui dünamod, lubavad ka elektromootorid teatud ülekoormamist, nimelt 25 % võrra $\frac{1}{2}$ tunni vältel ja 50 % võrra 3 minuti vältel.

Elektromootorite hooldamine on samasugune kui dünamomasinatel.

III. Elektrivalgustus.

Kaarlambid.

60. Volta-kaar. Võtame kaks söepulka (joon.73) ja



Joon. 73.

ühendame nad juhtmete abil mingi alalise voolu allikaga, mille näpitspinge on umbes 40 volti. Süte otste kokkuvii- misel tugev vool läbibistab juht- meid ja süsi ja suure ülemineku- takistuse tõttu süte otsad hak- kavad hõõguma. Selle järele sü- si üksteisest 3-4 mm võrra eemale tõrmates, näeme, et vool ei katke, vaid süte otste vahel tekib helevalge leek, n.n. Volta-kaar. Viimane koosneb õige väikestest söetükikestest, millised ühelt söepulga otsalt teisele lendavad ja hõõgudes hele- dat valgust anna- vad. Mõnd aega kestnud põlemise järele näeme, et süte otste vahe on suurenenud, - söed on lühemaks põlenud. Kui süte vahe liiga suureks muutub, siis Volta-kaar katkeb ja uueks süütamiseks peame söed uuesti kokku viima ning selle järele üksteisest vähe eemale tõmbama. Kestva Volta-kaare saavutamiseks peame süte lühemaks põledes neid järjest koo- male viima.

Süsi üksikult silmas pidades, näeme, et nad ei põle ühesuguse kiirusega, vaid positiivne süsi põleb umbes kaks korda kiiremini kui negatiivne. Süte otste kuju ei jää ka ühesuguseks. Samal ajal, kui negatiivne süsi (joon.74) otsast



Joon. 74.

teravaks põleb, tekib positiivse söe otsa õõnsus, n. kraater. Kraatri tekkimist seletatakse sellega, et söeraasukesed lendavad positiivselt söelt negatiivsele. Positiivse söe otsal, kust palju söeraasukesi lahti tuleb, tekib õõnsus; negatiivse söe otsale lendavad sötükikesed teevad viimase teravaks.

Kui söepulgad seisavad horisontaalselt, siis ülestõusva õhuvoolu mõjul Volta-kaar tõmbub ülespoole kaardu, sellest tulebki kaare nimetus. Volta-kaarele puhumisel ta paindub kõveraks, - tugeva puhumise korral ta võib isegi katkeda. Elektriliselt vaatepunktilt Volta-kaar kujutab endast voolujuhet. Sütevaheline ruum on täidetud hõõgivate sötükikesetega, milliseid mööda vool läheb ühelt söelt teisele. Nagu iga juhet, mõjustab magnetiväli ka Volta-kaart, tõmmates teda teatud suunas kõveraks. Tugev magnetiväli võib Volta-kaare isegi katkestada.

Volta-kaare temperatuur on õige kõrge, umbes 3500° C.

Kõige suurem temperatuur, umbes 4000° C, on kraatris. Volta-kaares sulab isegi plaatina ja teised raskelt sulavad ained. Valguse kiirgamine, nagu näitavad mõõtmised, ei jagune ühtlaselt mõlema söe otsale. Kõige rohkem kiirgab valgust kraater - umbes 85% kõigest valgusest, negatiivse söe ots kiirgab umbes 10% ja Volta-kaar ise umbes 5%.

Volta-kaare võime saada mitte ainult söe-, vaid ka metallpulkade vahel. Vahe on ainult valguse iseloomus. Söepulgad annavad helevalget ja tugevat valgust. Metallpulgad annavad tunduvalt nõrgemat värvilist valgust. Vask- ja hõbepulgad, näiteks, annavad rohekat valgust. Söepulkade tugevam valgus on tingitud söe väiksest soojusejuhtivusest, mille tõttu süte otste temperatuur tõuseb õige kõrgele. Metallide soojusejuhtivus on palju suurem kui söel ja selle tõttu metallpulkade otste temperatuur ei tõuse nii kõrgele.

Kaarlampides tarvitatakse ainult söepulki. Peale valgustamise Volta-kaart kasutatakse veel mitmeks muuks otstarbeks, kus vajatakse kõrget temperatuuri, näiteks elektrisõjades, metallide

kokkukeetmisel j.n.e. Volta-kaart võime saada ka vahelduva vooluga. Sel juhul aga süte otsad põlevad ühtlaselt, ilma et kummalegi tekiks kraatrit.

61. Volta-kaare põlemise tingimused.

a) Süte kaugus. Volta-kaare korralikuks põlemiseks on väga tähtis süte otste õige kaugus. Seisavad söed liiga ligistikku, siis Volta-kaar põleb rahutult, kahiseb valjusti ja kaart ümbritseb kollane leek, mis peab kinni suure osa kaares tekkinud valgusest. Kui süsi vähehaaval üksteisest eemaldame, siis kahisemine kaob ja kollane leek aegamööda väheneb. Teatud kaugusel kahisemine lõpeb täielikult, kollane leek kaob ja kaart põleb rahulikult. See on n.n. normaalne Volta-kaar.

Süte otste edaspidisel eemaldamisel üksteisest põlemine muutub jälle halvemaks. Tekib suur lilla leek, milline peab kinni peaaegu kõige valguse. Kui viimaks süte vahe muutub liiga suureks, siis kaart katkeb. Parimat valgust, järelikult, annab normaalne Volta-kaar. Normaalse põlemise püsimiseks peame süsi nende põlemisel järjest üksteisele lähendama. Lähendamine võib toimuda käsitsi või automaatselt.

b) Pinge. Volta-kaart võime saada juba 25-30-voldise pinge juures. Seesuguse nõrga pinge juures on aga väga raske kaart alal hoida. Liiga suure pinge juures, s.o. umbes 100 või rohkem volti, Volta-kaare põlemine muutub liiga rahutuks.

Kõige parema põlemise saame 40-50 või kõige rohkem 60-voldise pinge juures. Kuna aga laevadünamod annavad 110 voldilist voolu, siis Volta-kaarega ühendatakse järjestikku reostaat, mis ülearuse pinge omale võtab.

c) Söed. Väga suure tähtsuse korraliku põlemise suhtes omab süte materjal. Söed peavad olema kuivad, mittehügrooskoobilised, ilma mingisuguste kõrvalaineteta, ilma pragudeta ning aukudeta. Ainult kõikide nende tingimuste täitmisel Volta-kaar põleb korralikult ja annab head valgust. Kaarlam-pides tarvitatakse ainult eriti selleks valmistatud süsi.

Harilikud kaarlampide söed valmistatakse n.n. retortsöest, s.o. söest, mis valgustusegaasi valmistamisel või naftajäänuste destilleerimisel koguneb retordi seintele. See süsi sorteeritakse käsitsi ja jahvatatakse peeneks tolmuks. Söetolmule lisatakse nõge või grafiiti ja segatakse juurde puhastatud tökatit või gaasitõrva; segu sõtkutakse taignasarnaseks massiks. Taignast pressitakse soovitava suurusega ümmargused pulgad ja neid põletatakse vastavas ahjus 7-8 päeva.

Positiivsed söed on sagedasti tahiga. Tahiks on kuivatatud kuid põletamata söemass. Taht põleb kiiremini kui ülejäänud süsi, mis pärast Volta-kaar püsib tsentris ja ei teki Volta-kaare ülejooksmist ühelt kohalt teisele. Mõnikord tarvitatakse galvaaniliselt vasetatud süsi. Vask suurendab söepulga juhtivust ja hoiab sütt niiskumisest. Üldiselt aga vasetatud söed ei leia suurt poolehoidu, sest nendega Volta-kaar põleb rahutult ja suure leegiga, kuna vask juba kaugelt välja põleb.

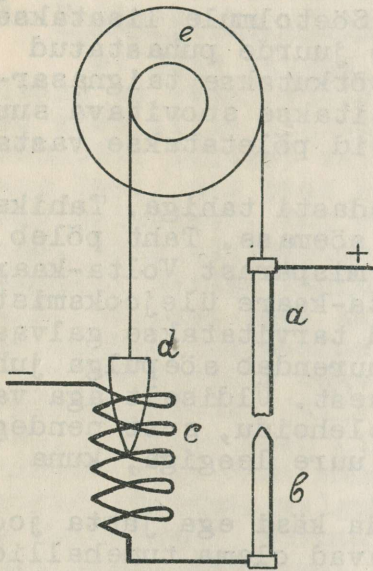
Head söed ei tohi määrada käsi ega jätta joont paberile. Murdekohalt söed peavad olema tumehallid ja peeneteralised. Üksteise vastu löödult, söed peavad andma metallilist kõla. Koguneb põlemisel sütele valge kord, siis süte materjal ei ole küllalt puhas. Kui söed on rõsked, siis põlemisel nendelt kerkib aur ja Volta-kaar jookseb ühelt kohalt teisele.

Süte läbimõõt oleneb läbikäiva voolu tugevusest. Liig jämedate sütega saame vähe valgust, liiga peened söed aga lähevad üleni tuliseks ja põlevad ruttu läbi. Süte valikul tuleb kinni pidada kaarlambi vabriku vastavatest andmetest.

62. Kaarlampide automaatregulaatorid. Süte lähendamine üksteisele nende põlemisel võib toimuda käsitsi või automaatselt. Käsitsi reguleerimine on väga tülikas ja ei ole igalpool võimalik, seepärast suurem osa kaarlampidest on varustatud automaatregulaatoritega. Viimased jagunevad kolme liiki:

- 1) peavoolu- ehk seeriesregulaatorid,
- 2) haruvoolu-ehk šuntregulaatorid ja
- 3) differentsiaal-regulaatorid.

63. Peavoolu-regulaator. Peavoolu-regulaator on näidatud joonisel 75. Alumine negatiivne süsi (b)



Joon. 75.

on liikumatu. Ülemine positiivne süsi (a) ripub plokilt (e) mahakäiva nõõri otsas. Sama ploki teiselt küljelt ripub alla raudankur (d), mis liigub solenoidi (c) sees. Solenoid on lülitatud sütega järjestikku. Positiivse sõe ja ankru raskused on valitud nii, et sõe raskusel on ülekaal. Kui lamp seisab tegevuseta, vajub positiivne süsi alla kuni kokkupuutumiseni negatiivse sõega ja ankur (d) tõuseb üles. Voolu sisselülimisel solenoid tõmbab ankru allapoole, sõed eemalduvad üksteisest ja süte otste vahel tekib Volta-kaar. Põlemise kestel solenoid reguleerib lampi läbis-

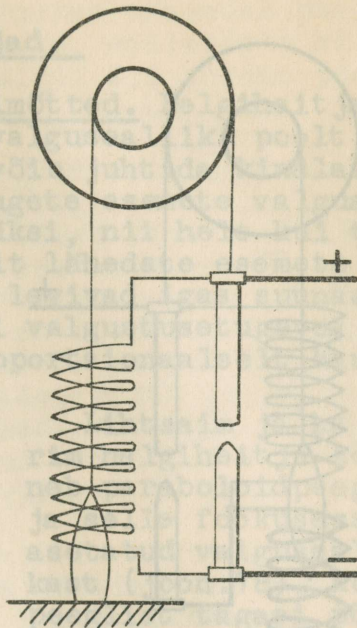
tava voolu tugevust. Kui sõed lühemaks põledes jäävad üksteisest liiga kaugele, siis Volta-kaare takistus suureneb ja voolutugevus väheneb. Solenoidi külgetõmbejõud nõrgeneb ja positiivne süsi vajub allapoole normaalseisundini. Jääb aga süte vahe mingil põhjusel liiga väikseks, siis voolutugevus suureneb, solenoid tõmbab ankru allapoole ja positiivne süsi tõuseb jällegi oma normaalseisundisse.

Solenoidi mähis on jämedast traadist ja väikse keerdude arvuga.

Kirjeldatud viisil peavoolu-regulaator hoiab kaarlambi voolutugevust ühesuurusena.

64. Haruvoolu-regulaator. Joonisel 76 näidatud regulaatoril solenoid on lülitatud sütega paralleelselt. Seesugust regulaatorit nimetatakse haruvoolu-regulaatoriks. Solenoidi mähis on siin peenest traadist

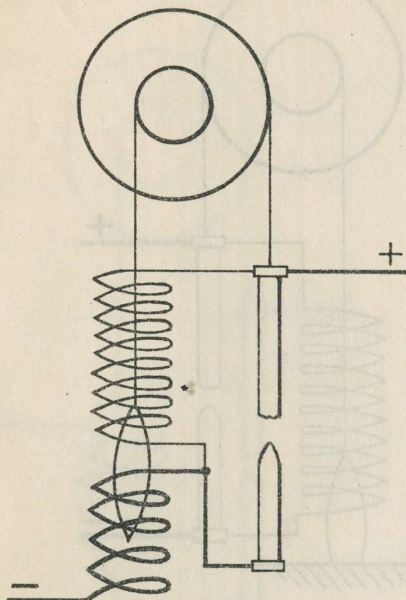
ja ta keerdude arv on suur. Solenoidi takistus on selletõttu suur ja teda läbistava voolu tugevus väike. Ankruraskus on siin suurem kui positiivsel sõel, mille tõttu ankur tegevuseta olekus tõmbab positiivse sõe üles. Kaarlambi sisselülilimisel vool läheb ainult solenoidi ja viimane tõmbab ankrut üles kuni süte kokkupuu-
tuumiseni. Kokkupuu-
tumisest tugev vool läbistab süsi ja sütevaheline pinge langeb. Pinge langemise tõttu nõrgeneb solenoidi läbistava voolu tugevus ja väheneb solenoidi külgetõmbe-
jõud; ankur vajub alla-
poole, sõed eemalduvad ja süte vahel tekib Volta-
kaar. Põlemise kestel



Joon. 76.

haruvoolu-regulaator hoiab süte otstel ühesuurust pinget. Jäävad sõed üksteisest liiga kaugemale, siis nendevaheline pinge tõuseb: selletõttu suureneb solenoidi läbistava voolu tugevus ja ankur tõmbub ülespoole, viies sõed koomale. Jääb süte vahe mingil põhjusel liiga väikeseks, siis sütevaheline pinge langeb, voolutugevus solenoidis väheneb ja selle tagajärjel ankur vajub allapoole, viies sõed üksteisest kaugemale.

65. Differentsiaal-regulaator. Differentsiaal-regulaatoril (joon. 77) on kaks solenoidi. Haruvoolu-solenoid (ülemine) on lülitatud sütega paralleelselt, peavoolu-solenoid järjestikku. Ankur asub kahe solenoidi vahel. Ankrut ja positiivse sõe raskused on võrdsed.



Joon. 77.

Voolu sisselülimisel vool läbib ainult mõlemaid solenoide. Kuna haruvoolu-solenoidi keerude arv on palju suurem kui peavoolu-solenoidil, siis esimene magneetub palju tugevamini ja tõmbab ankru üles, viies seega söed kokku. Niipea aga kui söed puutuvad kokku, läbib süsi ja peavoolu-solenoidi suure tugevusega vool. Peavoolu-solenoid magneetub tugevasti ja tõmbab ankru allapoole. Söed eemalduvad üksteisest ja nende vahel tekib Volta-kaar. Kui põlemisel süte vahe muutub liiga suureks, siis sütevaheline pinge tõuseb ja haruvoolu-solenoidi läbitava voolu tugevus suureneb.

Ühes sellega suureneb haruvoolu-solenoidi külgetõmbejõud ja ankur tõmbub ülespoole, viies söed koostele.

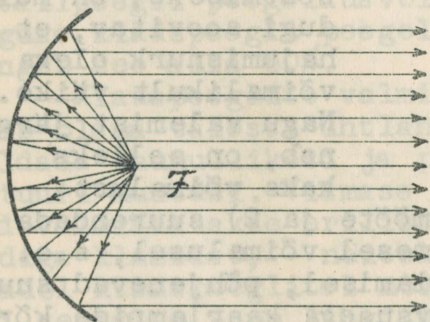
Nii siis differentsiaals-regulaatoris:

- 1) esialgset süte lähendamist toimetab haruvoolu-solenoid;
- 2) Volta-kaare tekkimiseks tarvilikku süte eemaldamist üksteisest toimetab peavoolu-solenoid;
- 3) põlemisel lähendab süsi üksteisele jällegi haruvoolu-solenoid.

Tarvitusel olevates kaarlampides plokid ja nõõrid on asendatud hammasrataste, võllide ja kangidega, solenoidid - elektromagnetitega. Nende töötamise põhimõtte kui ka üksikute elektromagnetite funktsioonid aga sarnanevad täielikult kirjeldatule.

Helgiheitjad.

66. Helgiheitja ehituse põhimõtted. Helgiheitja otstarbeks on koguda mingi valguseallika poolt antavat valgust nii, et seda võib juhtida kindlas suunas ja seega kasutada kaugete esemete valgustamiseks. Iga valguseallikas üksi, nii hele kui ta ka ei oleks, on kõlvuline ainult lähedate esemete valgustamiseks, sest ta kiired levivad igas suunas ja valguseallikast eemaldumisel valgustusetugevus langeb väga kiiresti - vastuproportsionaalselt kauguse ruuduga.

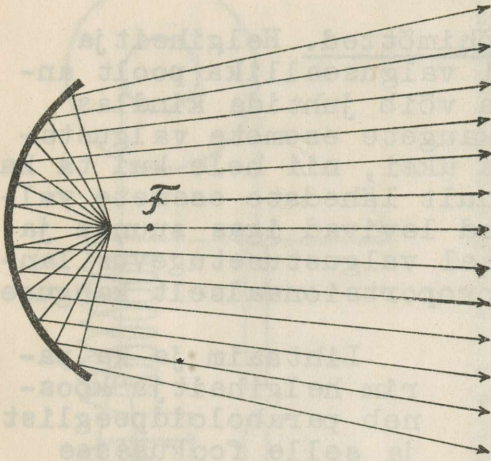


Joon. 78.

Lihtsaim ja ka parim helgiheitja koosneb paraboloidpeeglist ja selle fookusesse asetatud valguseallikast (joon.78). Kõik peeglist tagasi pörkavad kiired niisugusel juhul eemalduvad paralleelse vihuna, mille abil on juba võimalik valgustada võrdlemisi kaugel esemeid.

Selleks, et kiirteviik oleks paralleelne, valguseallikas peab kõigepealt asuma

täpsalt peegli fookuses. Seisab ta peeglile lähemal, siis (joon.79) kiired eemalduvad laieneva vihuna. Seisab valguseallikas aga fookusest kaugemal (joon. 80), siis kiired lähevad esiteks kokku ja selle järele uuesti laiali. Peale selle peab tähendama, et täiesti paralleelset kiirteviikku oleks võimalik saada ainult siis, kui valguseallikas oleks õige väike - punktikujuline. Tegelikult aga kõik praktikas ette tulevad valguseallikad omavad suuremaid mõõte ja selle tagajärjel kõik helgiheitjad annavad ka siis, kui nende valguseallikas asub täpsalt fookuses, mitte silindrikujulise vaid teatud määral laieneva kiirteviiku.



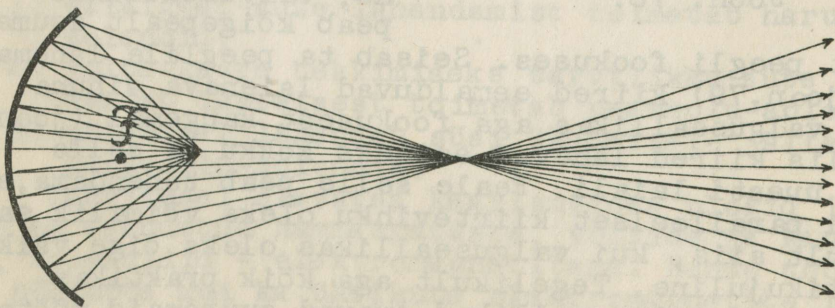
Joon. 79.

1) vähendada valguseallika mõõte ja 2) suurendada peegli fookuse-kaugust. Esimesel võimalusel, s.o. valguseallika mõõtude vähendamisel, põhjenevad suurel määral n.n.kõrgintensiivsusega kaarlampide kõrged saavutised. Peegli fookusekauguse suurendamise-

Nagu näitavad teoreetilised arvutused, kiirtevihu hajumisnurk (α) oleb valguseallika läbimõõdust (d) ja peegli fookusekaugusest (f) ja nimelt:

$$\operatorname{tg} \alpha/2 = d/2f.$$

Suurima valgustuse saavutamiseks, s.o. helgiheit- ja intensiivsuse tõstmiseks, on muidugi soovitatav, et hajumisnurk oleks võimalikult väike. Nagu valemist järgneb, on selleks kaks võimalust:



Joon. 80

le paneb piiri asjaolu, et fookusekauguse suurendamine antud peegli-läbimõõdu juures vähendab peegli poolt kinnipüütavat valgusevoolu, selletõttu ei saa fookusekaugust teha suuremaks kui 2,3 kordne peegli läbimõõt.

67. Peegel. Helgiheitjate peeglid valmistatakse klaasist või metallist. Klaaspeeglite välispind on hõbetatud, metallpeeglite seesmine pind harilikult kullatakse. Laeva helgiheitjates kasutatakse peaaugandita klaaspeegleid, sest kuigi need on õrnemad ja võivad kergesti puruneda, on teiselt poolt klaaspeeglite peegeldusvõime tunduvalt suurem kui metallpeeglitel ja, mis samuti tähtis, nende peegeldusvõime hoidub paremini alal. Katsed näitavad, et uue metallpeegli peegeldusvõime on kõigest 70-80% samaaeguse klaaspeegli peegeldusvõimest ja paari aastaga langeb see alla 50%.

Klaaspeeglite valmistamiseks tarvitatav klaas peab olema täiesti ühtlane ja värvitu, ei tohi sisaldada õhumullikesi ja peab hästi kannatama temperatuuri muutusi. Viimase nõude rahuldamiseks peeglid valmistatakse erilisest madala paisumiskoeffitsiendiga klaasist, - näiteks boorsilikaatklaasist. Headel klaaspeeglitel mõlemad küljed - nii väline kui seesmine - on lihvitud konfokaalseteks, s.t. ühe ja sama fookusega paraboloideks, mis juures peegli paksus igas kohas jääb võrdseks. Sellega saavutatakse, et ka need valgusekiired, mis peegelduvad peegli sisemiselt pinnalt, eemalduvad paralleelselt ülejäänutega ja suurendavad seega helgiheitja intensiivsust.

Peale täpsa paraboloidkuju on klaaspeeglite juures veel väga tähtis, et nad oleksid hästi lihvitud ja poleeritud. Peegli esialgset lihvimist toimetatakse sellekohaste masinatega, lõplikku lihvimist aga käsitsi. Klaaspeeglite lihvimine nõuab suurt oskust ja vilumust. Välispind hõbetatakse samasuguselt kui harilikudel peeglitel, ainult kaitseks välisõhu rõskuse eest hõbetusekord peab olema tingimata kaetud erilise vee- ja rõskusekindla lakiga. Peegli kinnitus hoidja külge peab olema tarviliselt

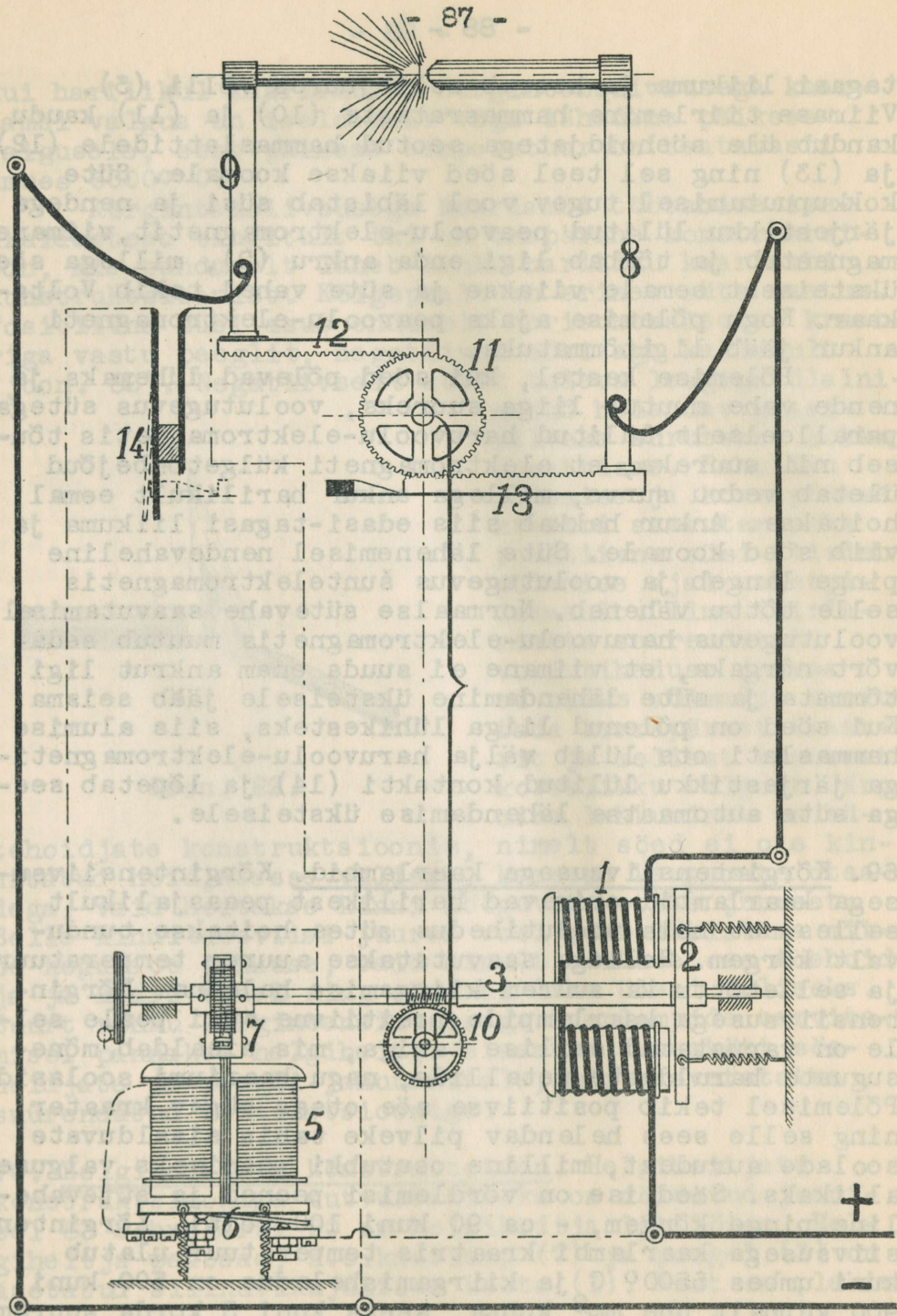
vetruv, et võimaldada peegli paisumist soojenemisel. Harilikult kasutatakse asbestpolsterdust ja vedrutavaid hoidklambreid.

68. Harilikud kaarlambid. Helgiheitjais kasutatakse erandita alalise voolu kaarlampe, sest nendega saavutatakse suuremad temperatuurid ja suurem pinnaheljus - harilikes kaarlampides umbes 180 küünlat ühe mm^2 kohta. Selle juures valgus on koondatud ühte väikesesse punkti, positiivse söe kraatrisse. Süte asetus harilikes kaarlampides on horisontaalne, positiivse söe ots vaatab peegli poole. Negatiivne süsi on peenem positiivsest osalt sellepärast, et ta põleb aeglasemalt kui positiivne süsi, osalt selleks, et ta vähem varjaks valgust.

Valguse varjamise vähendamise otstarbel kasutatakse suuremate voolutugevuste juures vasetatud negatiivseid süsi, millised võivad olla tunduvalt peenemad kui vasetamata söed, sest vasetusekord asendab läbimõõdu vähendamisest tingitud juhtivuse kahanemise. Kuna aga vasetatud söed kalduvad tilkumisele, siis on lambi konstruktsioonis tingimata tarvilikud erilised tilgapüüdumise pannid, millised takistavad sula metalli sattumist kaarlambi või helgiheitja osadele.

Harilikkude kaarlampide regulaatorid voolutugevustel alla 100 ampri töötavad elektromagnetitega, üle selle väikse elektromootori abil. Esimese liigi, s.o. magnetregulaatorite põhimõtteline ehitus on varemalt kirjeldatud. Puht-selletaolist tüüpi kujutab enesest Schuckerti kaarlamp, mille ühenduste skeem on näidatud joonisel 81. Tähistused on järgmised: (1) - peavoolu-elektromagnet, (2) - selle ankur, mis on seotud võlliga (3) nii, et võll tiirleb vabalt, kuid pikisuunas liigub ainult koos ankuruga (2); (5) - haruvoolu-elektromagnet, (6) - selle ankur, mis edasi-tagasi liikumisel kiskude (7) kaudu paneb tiirlema võlli (3); (8) - positiivne söehoidja ja (9) - negatiivne söehoidja.

Voolu sisselülilimisel, kui süte otsad on üksteisest eemal, vool läbib ainult haruvoolu-elektromagneti mähist, selle ankur hakkab samataoliselt kui alalise voolu elektrikella juures edasi-



Joon. 81.

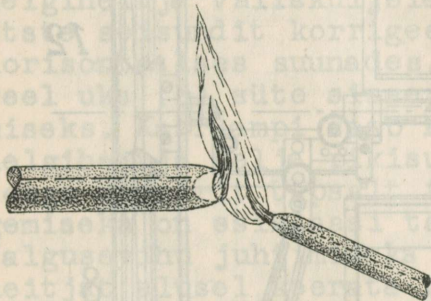
tagasi liikuma ja keerab sellejuures võlli (3). Viimase tiirlemine hammasrataste (10) ja (11) kaudu kandub üle söehoidjatega seotud hammaslattidele (12) ja (13) ning sel teel söed viiakse koomale. Süte kokkupuutumisel tugev vool läbib süsi ja nendega järjestikku lülitud peavoolu-elektromagnetit, viimane magneetub ja tõmbab ligi enda ankru (2), millega söed üksteisest eemale viiakse ja süte vahel tekib Volta-kaar. Kogu põlemise ajaks peavoolu-elektromagneti ankur jääb ligitõmmatuks.

Põlemise kestel, kui söed põlevad lühemaks ja nende vahe muutub liiga suureks, voolutugevus sütega paralleelselt lülitatud haruvoolu-elektromagnetis tõuseb nii suureks, et elektromagneti külgetõmbejõud ületab vedru surve, millega ankur harilikult eemal hoitakse. Ankur hakkab siis edasi-tagasi liikuma ja viib söed koomale. Süte lähenemisel nendevaheline pinge langeb ja voolutugevus šuntelektromagnetis selle tõttu väheneb. Normaalse sütevahe saavutamisel voolutugevus haruvoolu-elektromagnetis muutub sedavõrt nõrgaks, et viimane ei suuda enam ankrut ligi tõmmata ja süte lähendamine üksteisele jääb seisma. Kui söed on põlenud liiga lühikesteks, siis alumise hammaslati ots lülib välja haruvoolu-elektromagnetiga järjestikku lülitatud kontakti (14) ja lõpetab seega süte automaatse lähendamise üksteisele.

69. Kõrgintensiivsusega kaarlambid. Kõrgintensiivsusega kaarlambid erinevad harilikest peasjalikult selles, et neis voolutihedus sütes hoitakse tunduvalt kõrgem. Sellega saavutatakse suurem temperatuur ja selletõttu ka suurem kiirgamise heledus. Kõrgintensiivsusega kaarlampide positiivne süsi peale selle on varustatud erilise tahiga, mis sisaldab mõnesuguste haruldaste metallide, nagu baariumi soolaid. Põlemisel tekib positiivse söe otsas sügav kraater ning selle sees helendav pilveke tahis sisalduvate soolade aurudest, milline osutubki peamiseks valguseallikaks. Söed ise on võrdlemisi peened ja sütevaheline pinge kõrgem, - ca 90 kuni 100 volti. Kõrgintensiivsusega kaarlambi kraatris temperatuur ulatub kuni umbes 5500°C ja kiirgamisheledus on 500 kuni 900 küünalt ühe mm^2 kohta, seega kuni 5 korda suurem

kui harilikul kaarlambil. Kõrgintensiivsusega kaarlambi valgus on iseloomult väga lähedane päikese valgusele, sest päikese temperatuur on teatavasti umbes 60000 C.

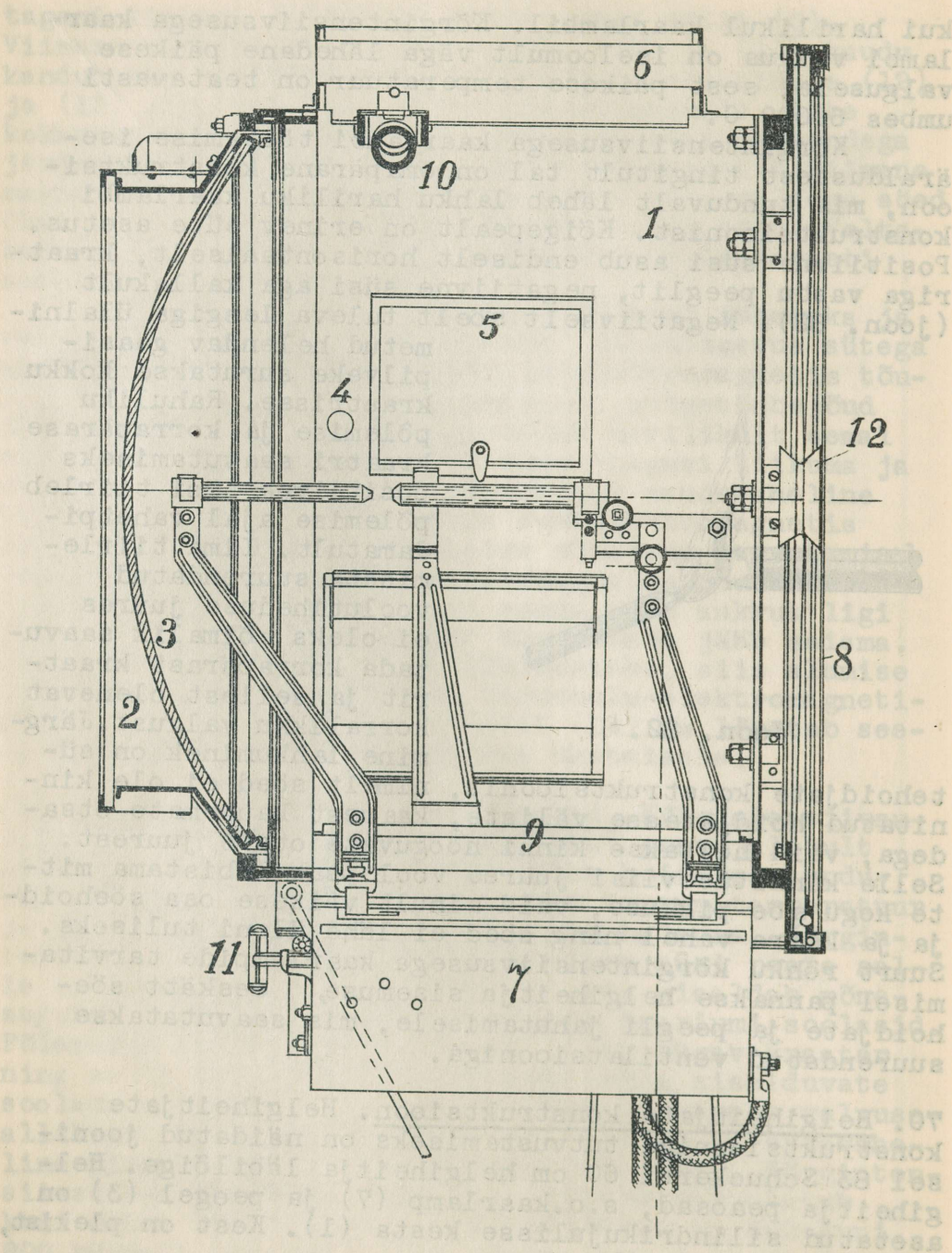
Kõrgintensiivsusega kaarlambi töötamise iseäraldustest tingitult tal on omapärane konstruktsioon, mis tundubalt läheb lahku hariliku kaarlambi konstruktsioonist. Kõigepealt on erinev süte asetus. Positiivne süsi asub endiselt horisontaalselt, kraatriga vastu peeglit, negatiivne süsi aga kallakult (joon. 82). Negatiivselt söelt tuleva leegiga ülalnimetud helendav gaasipilveke surutakse kokku kraatrisse. Rahuliku põlemise ja korrapärase kraatri saavutamiseks positiivne süsi tiirleb põlemise ajal vahetpidamatult. Ilma tiirlemiseta suurendatud



Joon. 82.

tehoajate konstruktsioonis, nimelt söed ei ole kinnitatud hoidjatesse väliselt, kaarest kaugemate otsadega, vaid hoitakse kinni hõõguvate otste juurest. Selle kinnituseviisi juures vool peab läbistama mitte kogu söe pikkuse, vaid ainult väikese osa söehoidja ja kaare vahel ning söed ei lähe üleni tuliseks. Suurt rõhku kõrgintensiivsusega kaarlampide tarvitamisel pannakse helgiheitja sisemuse, eeskätt söehoidjate ja peegli jahutamisele, mis saavutatakse suurendatud ventilatsiooniga.

70. Helgiheitjate konstruktsioon. Helgiheitjate konstruktsiooniga tutvustamiseks on näidatud joonisel 83 Schuckerti 60 cm helgiheitja läbilõige. Helgiheitja peaosad, s.o.kaarlamp (7) ja peegel (3) on asetatud silindrikujulisse kesta (1). Kest on plekist,



Joon. 83.

külgedelt täiesti valgusekindel. Kesta eesmine lah-tine ots, millest valgus väljub, on kaetud esiklaa-siga (8), mis kaitseb helgiheitja sisemust tuule ja vihma eest. Uuendamise hõlbustamiseks esiklaas ei ole ühest tükist, vaid koosneb ribadest. Kaare põ-lemisel tekkivate kuumade gaaside väljajuhtimiseks on helgiheitjal kamin (6). Alumises osas on kinni-kaetud avaused (9) värsket õhu juurdetoomiseks. Volta-kaare jälgimiseks on helgiheitja küljes tumedast klaasist aknakesed (4) ja peale selle veel eriline projektsiooniseadis (10), mis heidab kaare kujutise vastavale mattklaasile. Süte otste vastastikuse asen-di muutmise seadise käsirattakesed on välja toodud helgiheitja välisküljele, neid keerates saab süte otste seisundit korrigeerida nii vertikaalses kui ka horisontaalses suunas. Helgiheitja kere küljel on veel üks (5) süte sissepanemiseks ja peegli puhasta-miseks. Kaarlampi saab käsiratta (11) keeramisel helgiheitja telje pikisuunas edasi-tagasi tellida ja seega kraatrit täpsalt fookusesse seada. Valguse sul-gemiseks on esiklaasi taga n.n. iirisdiafragma (12). Valgusevihi juhtimiseks vajalikus suunas saab helgi-heitjat alusel keerata nii vertikaal- kui ka horison-taalpinnas.

Iga helgiheitjaga ühendatakse järjestikku reos-taat, millel on kahekordne ülesanne. Kõigepealt ta vähendab voolupinget normaalse 110 voldi pealt helgi-heitjale tarvilikule 50-70 voldile, peale selle reos-taat soodustab kaarlambi rahulikku ja püsivat põ-lemist. Helgiheitja reostaat konstruktsioonile sar-naneb elektrimasinate reostaatidele, ainult on mui-dugi vastavalt suurem. Helgiheitja voolutarvitus on võrdlemisi suur. Umbkaudselt võib lugeda, et hari-likkude kaarlampidega helgiheitjail voolutugevus amprites võrdub peegli läbimõõduga sentimeetrites.

Kuna voolu suund helgiheitjas peab olema alati ühesugune, siis helgiheitja kaablite ühendusmuhvid on erinevate mõõtudega, nii et neid ka eksikombel ei saa vahetada. Helgiheitja voolujuhtmed viiakse harilikult otse jaotuselaualle. Nende läbilõike mää-ramisel ei arvestata pingelangemist, vaid võetakse arvesse ainult voolutihedus.

71. Helgiheitjate kasutamine laevadel. Helgiheitjaid kasutatakse peamiselt sõjalaevadel. Suurtel ristle-

jatel ja lahingulaevadel kasutatakse helgiheitjaid läbimõõduga kuni 150 cm, väiksetel ristlejatel - kuni 110 cm, torpeedopaatidel - kuni 60 cm ja allveelaevadel kuni 35 cm. Kaubalaevadel kasutatakse läbisõiduks Suetsi kanalist 40-50 cm läbimõõduga helgiheitjaid, peale selle suured reisisijateaurikud varustatakse ühe suurema (110 cm) helgiheitjaga jäämägede ja muude selletaoliste laevasõidu-takistuste otsimiseks. Väikestel laevadel, eriti jõelaevadel ja mootorjahtidel kasutatakse edukalt väikseid 25-60 cm läbimõõduga helgiheitjaid, millel on valguseallikaks erilise ehitusega 100 kuni 5000 küünlaline hõõglamp. Hõõglampidega varustatud helgiheitjate suuri- maks paremuseks on nende hooldamise lihtsus.

72. Käsitsi reguleeritava helgiheitjaga töötamise reeglid.

- 1) Vool sisse lülida.
- 2) Sööd kokku viia. Kokku puutudes süte otsad hakkavad hõõguma, seda väikest tuld võime näha läbi aknakese. Kauaks ei tohi süsi kokku jätta, sest liiga suure voolutugevuse tõttu kaitsed võivad läbipõleda, ka võivad süte otsad kauasel kokkupuutumisel kokku põleda. Pikast kokkupuutumisest süte otstele tekkinud põlenud korra kõrvaldamiseks tuleb katkestada vool ja puhastada süte otsad viiliga, vastasel korral kaarlamp ei põle rahulikult.
- 3) Süte laialiviimisel tekib kohe kahisemine. Laialiviimist tuleb jätkata niikaua, kuni kahisemine kaob.
- 4) Vastava loa järele valgus avatakse ja juhatakse mingile lähedale esemele, näiteks vee peale, kaarlambi seadmiseks fookusesse. Kui valguse ringi ääred on ebatasased, siis söed ei ole hästi tsentreeritud. Nõrk valgus ringi keskel näitab, et negatiivsel sõel on põlenud kord.
- 5) Kui Volta-kaare ümber tekib lilla leek, siis see näitab, et süte otste vahe on liiga suur. Tugev kahisemine näitab liiga väikset vahet. Peab siiski meeles pidama, et uued söed alati kahisevad. Normaalselt Volta-kaar peab põlema ilma lilla leegita ja väikse kahisemisega.

- 6) Kui Volta-kaar jookseb ühelt kohalt teisele ja virvendab, siis süte vahe on liiga suur ja Volta-kaar võib iga silmapilk katkeda. Ülejooksmine tekib ka siis, kui söed on halvasti sisse põlenud või kui nendes on praod või augud.
- 7) Kui negatiivse söe otsale on tekkinud põlenud kord, siis tuleb selle kaotamiseks söed üksteisest hästi kaugele viia ja niiviisi hoida, kuni põlenud kord kaob. Ei ole soovitatav põlenud korda kõrvaldada süte kokkuviimisega, sest tulised söed on väga haprad ja võivad kergesti murduda.
- 8) Kui Volta-kaar on hakanud normaalselt põlema, siis tuleb süsi nende põledes järjest üksteisele lähendada. Selleks võib aknakese kaudu jälgida süte kaugust või tähele panna aega, mille järele süsi on vaja lähendada - umbkaudselt 2-3 minuti järele. Veel parem on reguleerida süte vahet voltmeetri järgi, kui see on helgiheitjal olemas. Selleks tuleb märkida voltmeetri näited normaalsel põlemisel, kahisemisel ja põlemisel lilla leegiga ning hoida süte lähendamisega pinge normaalsel kõrgusel.

Automaatse kaarlambiga töötamine on muidugi palju lihtsam kui käsitsi reguleerimine, sest voolu sisselüümisel automaatregulaator viib ise söed kokku, siis tõmbab nad lahku ja põlemise kestel lähendab neid uuesti tarvilisel määral.

Tuleb pidada meeles, et isegi täiesti korras kaarlamp ei tööta korralikult:

- 1) kui dünamo näpitspinge kõigub,
- 2) kui süte materjal ei ole ühtlane,
- 3) kui söed on rõsked ja
- 4) kui süte otste kuju ei ole õige.

73. Helgiheitjate üldine hooldamine. Erilist hoolt ja ettevaatust nõuab helgiheitja kallim osa - peegel. Lihvi hoidmiseks tuleb peegli pühkimiseks tarvitada ainult õige pehmeid, puhtaid ja pestud lappe, veel parem seemisnahka. Peegli puhastamist tuleb toimetada igakord enne helgiheitja kasutamist. Peegli küljes ja selle äärtel olevad söeraasukesed pühitakse

pintsliga keskele kokku ja kõrvaldatakse niiske lapiga, mida aga peegli edaspidiseks puhastamiseks tarvitada ei tohi. Veel peegli külge jäänud tolm lehvitatatakse ära kuiva lapiga, selle järgi peegel puhastatakse niiske lapiga ja hõõrutakse üle kuiva lapiga. Hoolega tuleb jälgida, et peeglipuhastamise lapid ei sisaldaks midagi, mis võiks peeglit kriimustada.

Töötamisel ei tohi peeglit helgiheitja küljest ära võtta, vaid peab tingimata ootama, kuni peegel on jahtunud umbes 40° C. Kui töötamisel on tarvis sisse panna uued söed, siis helgiheitja ukse avamisel tuleb üks alla tuule keerata, muidu peegel võib lõhkeda. Külma ilmaga helgiheitjat tööle pannes, tuleb kaarlamp enne põlemapanemist peeglist võimalikult kaugele viia ja alles siis fookusesse seada, kui peegel on küllalt soojenenud. Talveks on soovitatav peegel helgiheitja küljest maha võtta ja soojas kuivas ruumis hoida, sest väline niiskus ja külm võivad hõbetust rikkuda.

Helgiheitja keeramis-seadiseid, laagreid ja völliakesi tuleb aegajalt määrada vaseliiniga või õliga.

Helgiheitja töötamisel on soovitatav tema juures valmis hoida paar uusi kuivi süsi. Peale selle peab olema lähedal käsilamp või latern.

Hõõgvalgustus.

74. Hõõglambid. Kaarlambid on kohased ainult helgiheitjale, sest nad annavad liiga tugevat valgust, kahisevad valjusti ja nõuavad palju hoolt. Harilikuks valgustamiseks kasutatakse hõõglampe, sest need ei riku õhku ja pea sugugi ei soojenda ruumi. Kui veel silmas pidada hõõgvalgustuse teisi paremusi, nagu hõlpsat põlemapanemist ja kustutamist ja väikset hooldamise vajadust, siis on arusaadav, miks alles mõnekümne aasta eest avastatud hõõgvalgustus on levinud nii kiiresti ja leidnud üldist kasutamist.

Hõõglampide ehituse põhimõtte on lihtis. Vool juhatakse läbi peenikese söe- või metallniidi, mis selle tagajärjel heledasti hõõguma hakkab ja valgust

välja kiirgab. Kiire läbipõlemise ärahoiuks niit asetatakse klaaspirni, mis õhust tühjaks pumbatakse või mõne inertse gaasiga täidetakse.

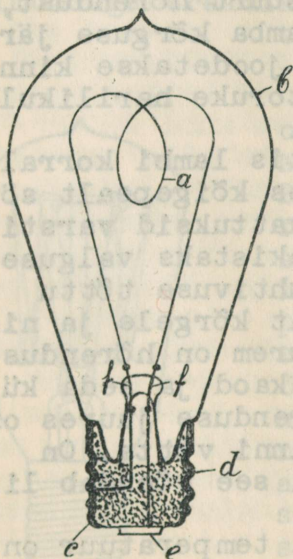
Samuti kui kõigis teistes valguseallikates, muutub ka hõõglampides ainult väike osa kulutatud energiast valguseks. Parimal juhul saadud valguseenergia moodustab umbes 9% kulutatud elektrienergiast, seega üle 90% energiast läheb kasuta soojusena kaduma.

Hõõglampide valgusetugevust mõõdetakse küünaldega. Laevadel tarvitatakse harilikult 16-, 25-, 32- ja 50-küünlalisi lampe. Gaasiga täidetud lampidele märgitakse harilikult küünalde arvu asemele voolutarvitus vattides.

Tarvitusel olevad hõõglambid jagunevad kolme liiki:

- 1) söeniitlambid,
- 2) õhutühjad metallniitlambid ja
- 3) gaasiga täidetud lambid.

75. Söeniitlamp. Söeniitlambi (joon.84) peaosaks on spiraaliks painutatud söeniit (a), mis asetatud kinnisesse klaaspirni (b). Pirni kaela külge kinnitatud metallsokkel (c) on määratud lambi ühendamiseks vooluvõrguga. Söeniidi üks ots on ühendatud sokli küljega (d), mis kujutab enesest vindikujuliseks pressitud vasksilindrit. Söeniidi teine ots on ühendatud sokli põhjapõhja kontaktiga (e), mis on isoleeritud soklist. Pirni kaela õhutühedalt sulatatud traadikesed (f) on valmistatud niisugusest metallist, mille paisumiskoeffitsient on sama suur kui klaasil. Varemalt neid valmistati plaatina, viimasel ajal plaatina kalliduse tõttu kasutatakse selleks



Joon. 84.

erilist terase ja nikli sulatist, mis pealt elektro-
lüütiliselt vasetatud.

Söeniidid pressitakse välja erilisest tsellu-
loosmassist, kuivatatakse ja söepulbrisse asetatult
põletatakse söeks. Niitude kõvendamiseks ja nende
välispinna siledamaks muutmiseks nad asetatakse mingi
gaasitaolise süsivesiniku, näiteks bensiini auru-
dega täidetud ruumi ja pannakse hõõguma voolu läbi-
juhtimisega. Kokku puutudes hõõguva niidiga, süsi-
vesinik laguneb ja söeniidile sadestub grafiidikuju-
line süsinik. Rohkem süsinikku sadestub niidi peene-
matele kohtadele, mis on tulisemad ja kõvendamise
lõpuks niidi pind sel teel muutub täiesti siledaks
ja läikivaks.

Niiviisi valmistatud söeniidi otsad kinnita-
takse klaasitorust läbitulevate traadikeste külge ja
klaasitoru ühes niidiga joodetakse klaaspirni sisse,
mille ülemises otsas on toruke õhu väljapumpamiseks.
Pumpamine toimub alul kolbpumpadega, hiljem elav-
hõbe-pumpadega. Pumpamisel soojendatakse niiti ja
pirni, et vabastada ka nendesse imbunud õhku. Sel
viisil on võimalik saavutada õige suurt hõrendust,
- umbes 0,2 - 0,01 mm elavhõbeda samba kõrguse jär-
gi. Pumpamise lõpul ülemine toruke joodetakse kinni.
Uuemais tüübis õhu väljapumpamise toruke harilikult
tuuakse välja soklipoolsest otsast.

Suur hõrendus on mitmeti tähtis lambi korralli-
kuks töötamiseks. Väikses hõrenduses kõigepealt söe-
niit laguneks ruttu, pirni seinad kattuksid varsti
niidilt aurava söetolmuga ja see takistaks valguse
läbipääsu. Sissejääva õhu soojusejuhtivuse tõttu
niidi temperatuur ei tõuseks küllalt kõrgele ja niit
ei annaks küllalt valgust. Mida suurem on hõrendus,
seda väiksemad on soojusejuhtivuse kaod ja seda kül-
mem hoidub klaaspirn. Küllalise hõrenduse juures on
võimalik pirni ümbert palja käega kinni võtta. On
aga pirn selleks liiga tuline, siis see tõendab lii-
ga väikset hõrendust.

Normaalsel põlemisel söeniidi temperatuur on
1500-1600° C. Üle selle niiti ei kuumendata, sest
siis söeniidi kiire lagunemise tõttu lambi iga lühe-
neks tunduvalt. Söeniitlambi normaalne iga on umbes
800-1000 põlemistundi.

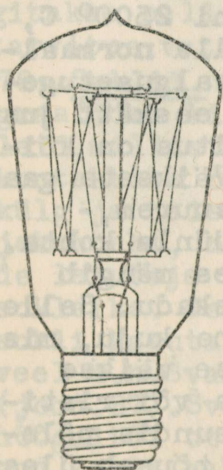
Sõeniitlambid ei ole ökonoomsed. Nende voolutarvitus on 3-3,5 vatti ühe küünla kohta. Laevadel teeb sõeniitlampe väga otstarbekohaseks nende tugevus. Nad kannatavad välja palju tugevamaid pörutusi kui metallniitlambid.

76. Õhutühjad metallniitlambid. Kaldal ja suuremalt jaolt ka laevadel sõeniitlambid on nüüd välja tõrjutud metallniitlampide poolt.

Metallhõõgniit valmistatakse kõrge sulamispunktiga haruldastest metallidest, - varemalt osmiumist ja tantalist, nüüd aga pea erandita volframist (inglisekeelse nimega - tungsten). Volframi sulamispunkt on 3500°C .

Volframi tunti juba varem, kuid hõõgniitide valmistamist temast takistas asjaolu, et ei osatud tõmmata pulbri kujul saadavat volframi peeneks niidiks. Alles 1910 aastal avastas Coolidge, et kui volframpulbrit keppideks pressida ja korduvalt hõõgutada ning taguda, siis ta muutub nii sitkeks, et laste ennast tõmmata läbi teemantdüüside kuni 0,01 mm läbimõõduga traadiks. Niisugune peenike traat omab erakorraliselt suure tõmbetugevuse - kuni 700 kg/mm^2 .

Volframi eritakistus külmalt on 0,0637 oomi, hõõglambi normaalse töötemperatuuri juures (ca 2050°C), tõuseb ta 12 korda suuremaks. Väikse eritakistuse tõttu suurevoldiliste, 110-220 volti, lampide volframniit on võrdlemisi pikk ja selle hoidmiseks on pirnis eriline hoidja. Volframniidiga õhutühja lambi normaalne kuju ja hõõgniidi asetus on näidatud joonisel 85. Mõnikord volframniit asetatakse õhutühjadesse lampidesse ka spiraaliks keeratult, kuid seesugune asetuseviis on rohkem iseloomustav gaasiga täidetud lampidele. Ülejäänud osas õhutühjad metallniitlambid sarnanevad sõeniitlampidega. Pirnid on samuti tühjaks



Joon 85.

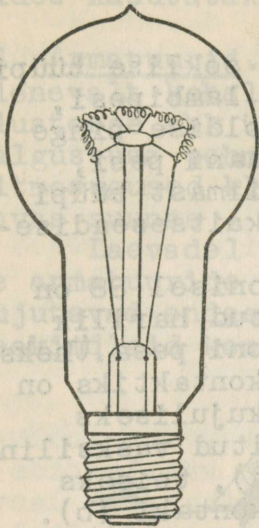
pumbatud ja pirni külge kinnitatakse ühte või teist tüüpi sokkel.

Hõõgniidi suurema temperatuuri tõttu volframniidiga õhutühjad lambid on tunduvalt ökonoomsemad sõeniitlampidest. Nende voolutarvitus on 1,0-1,2 vatti ühe küünla kohta, kuna põlemiskestus küünib 1000 tunnini ja üle selle.

Kuna volframniidi takistus ei kasva temperatuuri tõusuga nii kiiresti kui sõeniidil, siis metallniitlambid on vähem tundelikud pingelangemise vastu. Valgusetugevuse langemine 10% võrra neis ei avalda veel halba muljet silmale, küll on see aga tähelepanev sõeniitlampides. Teise paremusena tuleb märkida, et metallniitlambi valgusetugevus ei muutu kogu põlemise kestel, kuna sõeniitlambil see väheneb sõeniidi lagunemise tõttu kestva ja tunduvalt. Sõeniitlampi harilikult tuleb vahetada siis, kui klaaspirni mustumise tõttu valgusetugevus jääb väikseks, ehk küll niit ise on veel terve. Metallniitlampidel aga valgusetugevus ei kahane peaaegu sugugi.

77. Gaasiga täidetud lambid. Aastal 1913 avastas Langmuir, et hõõpirni täitmisel mõne inertse gaasiga, nagu lämmastikuga või argooniga, volframniidi auramine väheneb sel määral, et niidi temperatuuri võib tõsta tunduvalt kõrgemale, s.o. kuni 2500° C, ilma et lambi iga sellejuures langeks alla normaalse. Kõrgemale temperatuurile vastavalt valgusetugevus sellejuures tõuseb ligi 100% võrra, eeskätt just suuremates lampides, milliste voolutarvitus on kõigest umbes 0,5 vatti ühe küünla kohta. Väiksete gaasiga täidetud lampide voolutarvitus on suurem, umbes kuni 0,8 ja isegi 1,0 vatti ühe küünla kohta.

Suurt osa gaasiga täidetud lampides mängib gaasi soojuse juhtivusest tingitud soojuskadu. Selle vähendamiseks antakse hõõgniidile eriline kuju, mis näidatud joonisel 86. Hõõgniit keeratakse väikse tõusuga spiraaliks ja asetatakse ringina või ristina sellekohasele hoidjale. Vertikaalseisundis põlevas lambis hõõgniidilt soojendatav gaas tõuseb üles klaaspirni kaela, kuhu ka sadestuvad kaasatoodud volframi osakesed. Kogu klaaspirn, eriti aga kael



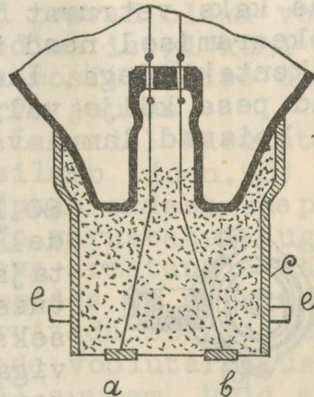
Joon. 86.

lähedavad gaasiga täidetud lam-
bil palju tulisemaks kui õhutüh-
jal lamбил, mille tõttu neid tu-
leb hoida kokkupuutumisest ker-
gestisiütuvate ainetega.

Hõõgniidi kõrgema tempera-
tuuri tõttu gaasiga täidetud
lampide valgus on valgem ja ise-
loomult lähem päikesevalgusele
kui teistel hõõglampidel. Hõõg-
niidi suure heleduse tõttu gaa-
siga täidetud lamбилid harilikult
materitakse või asetatakse matt-
armatuuridesse, kuna selleta
õige hele neid pimestaks silmi.
Hõõgniidi asetusest olenev val-
guse jaotus on ka erinev. Õhu-
tühi lamp kiirgab suurema osa
valgusest külgedele, gaasiga
täidetud lamp aga suurel mää-
ral ka allapoole ja on seepä-
rast soodsam horisontaalsete
pindade valgustamiseks. Valgu-

se jaotuse erinevuse tõttu gaasiga täidetud lampe
ei liigitata küünalde arvu järgi, vaid nendele mär-
gitakse selle asemel voolu-
tarvitus vattides.

78. Soklid. Eelmistes para-
graafides kirjeldatud sok-
leid, millistel üheks voolu-
kontaktiks on sokli vint-
kõlg ja teiseks sokli põh-
jakontakt, nimetatakse nen-
de leiutaja järgi Edisoni
sokleiks. Peale Edisoni
sokli kasutatakse laevadel
veel n.n. Švaani sokleid
(joon. 87). Švaani soklis
hõõgniidi otsad on ühenda-
tud sokli kahe põhjakon-
taktiga (a) ja (b). Sokli
kõljkaks on vasksilinder
(c), mille kõljk on kinni-

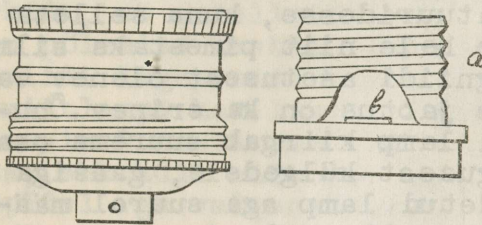


Joon. 87.

tatud kaks vaskstifti (d) ja (e), viimaste abil lamp kinnitatakse pesasse.

79. Lambipesad. Vastavalt hõõglampide soklite tüüpi-
dele laevadel kasutatakse kahte tüüpi lambipesi,
nimelt Edisoni ja Švaani pesi. 110-voldise pinge
juures kasutatakse suuremalt jaolt Švaani pesi,
220 voldi juures aga Edisoni pesi. Viimast tüüpi
pesad varustatakse sagedasti erilise kaitseseadise-
ga pirnide väljakeerdumise ärahoiuks.

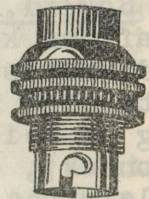
Joonisel 88 on
näidatud harilik
Edisoni pesa. Üheks
voolukontaktiks on
vindikujuliseks
pressitud vasksilin-
der (a), teiseks
põhjakontakt (b).
Voolukontaktid on
kinnitatud portse-
lansüdamikule ja
ümbritletud plekk-
kestaga. Lambi sisse-
keeramisel sokli



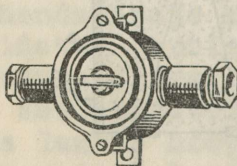
Joon. 88.

külg ühendub silindriga (a), kuna otsakontakt suru-
takse vastu põhjakontakti (b).

Švaani pesa on näidatud jooni-
sel 89. Voolukontaktideks on pesa
põhjas kaks vetruvat pulgakest. Lambi
sissekeeramisel need ühenduvad sokli
põhjakontaktidega. Lambi küljestiftid
kälivad pesa külje väljalõigetesse, mil-
lised hoiavad lampi välja kukkumast.



Joon. 89.



Joon. 90.

80. Lülitajad. Laeva-
del kasutatavad lüli-
tajad sarnanevad ehi-
tuselt kaldapealsetega, ainult kait-
seks vee, rõskuse ja mehaaniliste
vigastuste eest nad asetatakse tu-
gevatesse ja täiesti veekindlatesse
vask- või malmkestadesse (joon. 90).
Juhtmete sisseviimiseks on veekind-
lad topendid. Ainult reisijate ruu-

mides kasutatakse kergema ehitusega lülitajaid.

81. Armatuurid. Hõõglambid harilikult asetatakse olenevalt kohalikest tingimustest metallhoidjatesse, alustesse ehk üldise nimetusega armatuuridesse. Valgustuse pehmendamiseks asetatakse pirnide ümber mitmesugused klaaskuplid, valguse juhtimiseks soovitasuunas - klaas- või metallreflektorid.

Laevadel meeskonna- ja masinaruumes kasutatavate armatuuride tüübid on näidatud joonisel 91. Nad kujutavad endast tugevaid, soliidseid ja täiesti veekindlaid konstruktsioone, mis on tarvilikult

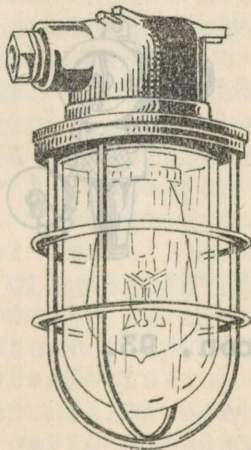
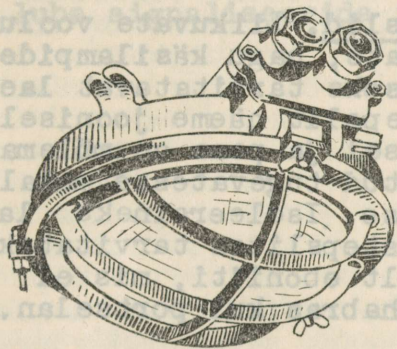
vastupidavad rasketes laeva tingimustes.

Pirn asetseb klaaskuplis, mis on kaitstud tugeva metallkorviga.

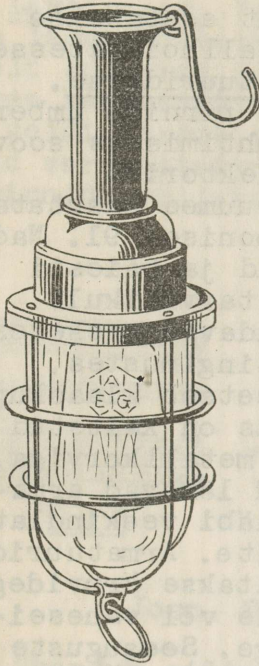
Kaablid lähevad armatuuri läbi veekindlate topendite. Armatuurid kinnitatakse kruvidega laevalae või vaheseina külge. Seesuguste armatuuride, samuti

kui muu veekindla installatsioonmaterjali kohta, on maksev nõue, et nad peavad olema veekindlad isegi kuni 1 atmosfäärilise ülesurve juures.

Laevadel kasutatav käsilamp (joon.92) kujutab endast käepidega varustatud tugevat laeva armatuuri. Käsilampides on soovitatav tarvitada söeniitlampe. Nende voolutarvitus on küll suurem, kuid selle eest nad on palju vastupidavamad põrutsutele. 220-voldise pingega

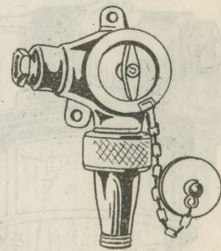


Joon. 91.



Joon. 92.

Stepsel on pesa külge kruvitav. Vee või rõskuse sissetungimise ärahoiduks stepsli äravõtmisel kruvitakse pesale metallkaas. 220-voldise pingega juures stepslid on harilikult kolmeharulised. Kolmas, n.n. maanduseharu on ühendusekaabli välist kaitsetraati pidi ühendatud käsilambi kerega ja ühendab viimast laeva korpusega.



Joon. 93.

83. Signaaltuled. Laeva signaaltuled kujutavad endast erikonstruktsiooniga veekindlaid laternaide, mille

juures käsilambi kere on harilikult maandatud. Maandusejuhtmeks kasutatakse harilikult käsilambi kaabli välist kaitsetraati.

Öiste välistööde, treppide jne. valgustamiseks kasutatakse laevadel lühtreid. Neli- viis lampi on monteeritud ühisesse metallreflektoris, milline juhib valgust soovitavas suunas. Juhuslike vigastuste eest kaitseb lampe metallvõrk.

82. Stepslid. Liikuvate voolutarvitajate, nagu käsilampide ühendamiseks tarvitatavat laevatuüpi stepslit näeme joonisel 93. Stepsel ja pesa on mõlemad monteeritud tugevatesse metallkestadesse. Isoleeraineiks laevatuüpi stepslites tarvitatakse harilikult eboniiti, mis ei ole nii habras kui portselan.

valguseallikaks määruste kohaselt peab olema üks 32-küünlaline söeniitlamp. Laternad ühendatakse vooluvõrguga veekindlate stepslitega.

Signaaltulede hõlpsaks kontrollimiseks nende juhtmed sagedasti tuuakse välja üldisele kontroll-jaotusetahvlile, milline varustatakse tarvilikkude lülijatega, kaitsetega ja väiksete näite-hõõglampidega. Viimased on lülitatud järjestikku signaaltuledega ja, põledes õige väikse pingekaotuse juures (1 - 2 volti), näitavad, kas kõik sisselülitatud signaaltuled põlevad korralikult või mitte.

Morse signaalide edasiandmiseks määratud topplatern on soovitatav varustada metallniitlampidega, sest söeniidi järelhõõgumine on liiga suur ja ei luba signaliseerida tarviliku kiirusega.

IV. Voolujaotus laevadel.

84. Vooluliik ja pinge. Suuremalt jaolt tarvitatakse laevadel alalist voolu, kuigi kaldal selle on asendanud vahelduv vool. Alaline vool on kohasem helgiheitjaile, sest alalise voolu kaarlambid annavad ühte punkti - positiivse söe kraatrisse koondatud valgust ja sellega saavutatakse parabolpeeglite juures suurem ulatus. Keerdvooluga võrreldes alalisel voolul juhtmestik on lihtsam ja ülevaatlikum. Raskestesse laeva tingimustesse sobivad rohkem alalise voolu kui vahelduva voolu mootorid: alalise voolu mootoreid võib tarbekorral üle koormata; vahelduva voolu mootori suurim võimsus on piiratud mitte ainult soojenemisega, vaid ka sellega, et teatud koormatuse ületamisel mootor jääb seisma või üldse ei käivitu; vastandina vahelduva voolu mootorile, mille tühja jooksu tiirud erinevad täie koormatuse tiirudest kõigest 3-5% võrra, võib alalise voolu mootori kiirust reguleerida mitmesugustes lülitustes ja iga soovitud tundelikkusega; suuresti muutuvatele koormatustele sobivad eriti alalise voolu peavoolu-tüüpi mootorid, millised kohandavad tiirusid koormatusele ja seepärast võimaldavad läbi saada umbes 30% võrra väiksema nimivõimsusega kui vahelduva voolu mootorid. Alalise voolu mootorite miinuseks on nende õrnem ja head hooldamist vajav osa - kollektor, kuid nüüdisaegseil mootoreil teatud vastuabinõude, nagu lisapooluste tarvituselevõtmisega on see puudus suurel määral vähendatud ja hooldamine lihtsustatud. Alalise voolu väiksemaks puuduseks on veel asjaolu, et ta teatud juhtudel võib mõjustada magnetkompassi. Laevadel olevate arvurikaste akkumulaatorite laadimine toimub alalise vooluga lihtsamalt ja hõlpsamalt.

Vahelduva voolu võrke leidub ainult suurtel laevadel, kus neid kasutatakse arvurikaste mootorite toitmiseks, kuid sealgi harilikult paralleelselt alalise voolu valgustusevõrkudega. Ilma erandita tarvitatakse vahelduvat voolu ja veel kõrgepingelist - kuni 5000 volti - elektrilise jõuülekanedega turbin-

laevadel, kuna diesel-elektrilistes ülekannetes jällegi kasutatakse alalist voolu.

Esialgne alalise voolu pingeline laevadel oli 65 volti, milline vool oli määratud peaaesjalikult hõõglampide ja kaarlampide toitmiseks. Eriti sobis nii madal pingeline helgiheitjaile, sest siis kaotused kaarlampide eeltakistustel olid minimaalsed. Hiljem elektromootorite suurema arvulise tarvituselevõtmisega ilmestusid 110-voldise pingeline paremused, mille tõttu see pingeline suurus pärast tarvituselevõttu kaldal kohe ka laevadele levis. Paremuks oli juhtmestiku väiksem põiklõige, mis ühtlasi tähendab ka väiksemat kaalu ja väiksemat hinda, siis veel asjaolu, et tähendatud pingeline vastavaid normaaltüüpi masinaid ja hõõglampe oli võimalik saada igalt poolt kaldalt.

Praegu tarvitatakse keskmistel ja väiksematel sõjalaevadel ja kaubalaevadel ilma erandita 110-voldist alalist voolu. 220 volti leidub mõnede riikide suurematel sõjalaevadel ja viimasel ajal ka mootorlaevadel, millised teatavasti omavad suure arvu elektrijõul töötavaid abimehhanisme, peale selle sagedasti ka elektrikitte ja keetmise, nii et kokkuvõttes laeva jõujaama võimsus on võrdlemisi suur. Valgustuseks eelistatakse ikkagi 110-voldist voolu, mille jaoks ette nähakse tarbekorral erivõrk ja erivooluallikad. Teatavasti 110-voldised hõõglambid on üldiselt vastupidavamad ja pikema eaga kui kõrgema pingelised. Peale selle eelistatakse 110-voldist valgustusevõrgu pinget väiksema puutumise tõttu. Laevadel on alati suur arv kantavaid vooluallikaid, nagu käsilampe, millistel isolatsioonirikked on sagedased ja millised seepärast suuremate pingete juures käsitajaile ohtlikeks võivad osutada.

85. Voolujaotuse süsteemid. Laevade vooluvõrgud on suuremalt jaolt kahejuhtmeline. 110-voldise pingeline juures tuleb ette ka ühejuhtmeline võrk, kus tagasitoova miinusjuhtmena kasutatakse laeva raudkeret. Ühejuhtmeline vooluvõrk on lihtis ja odav, mis pärast teda tarvitatakse kaubalaevadel. Ühejuhtmeline võrgu puudusteks on:

- 1) suuremad võimalused juhtmestiku- ja korpusevahelisteks lühiühendusteks,

- 2) keskmiselt poole nõrgem isolatsiooniväärtus kui kahejuhtmelises võrgus,
- 3) raskused, milliseid tekitab laevakorpuse roostetamine maandumiskohtadel ja
- 4) suuremad võimalused valgustuse kustumiseks randumisel ja kokkupõrkel.

Suurem osa uuesti ehitatavatest laevadest varustatakse kahejuhtmelise vooluvõrguga, millist loetakse nüüd kindlamaks ja usalduseväärilisemaks. Saksa ja Briti Lloolid nõuavad kahejuhtmelist vooluvõrku ainult tanklaevadel ja teistel selletaolistel laevadel. Harilikude laevade kohta maksab ainult nõue, et kõik kaablid kuni 10 meetri kauguseni kompassist peavad olema kahejuhtmelised. Sõja- ja kaubalaevadel, mille voolupinge on 220 volti, kasutatakse ainult kahejuhtmelisi vooluvõrke.

Laevadel on katsetatud ka kolmejuhtmelist - 2 x 110 volti - vooluvõrku, milles kaks 110-voldist dünamot töötavad järjestikku lülitatult ja nende keskmine või neutraaljuhe on üldine mõlema dünamole. Hõõglampe ja helgiheitjaid toidetakse 110-voldise vooluga, s.t.nad lülitakse neutraaljuhtme ja mingi äärmise juhtme vahele. Kui kummalegi poolele lülitatud hõõglampide arv on võrdne, siis keskmises juhtmes voolu ei teki, on aga ühe poole koormatus suurem, siis tekib neutraaljuhtmes vool. Elektromootoreid toidetakse 220-voldise vooluga, s.t.nad lülitakse kahe äärmise juhtme vahele. Raskuste tõttu, mida tekitab koormatuse ühetaoline jaotamine mõlema võrgupoole vahel, kolmejuhtmeline süsteem ei ole suutnud läbi lüüa ja selle asemel kasutatakse tarbekorral lihtsat kahejuhtmelist 220 v.võrku.

Niikaua kui laeval on ainult üks elektriagregaat, on voolujaotus väga lihtis. Dünamo toidab kogumislattide paari ja sellelt hargnevad üksikud grupid. Kui aga laeva jõujaam koosneb mitmest dünamost, siis need võivad töötada kas paralleelselt või eraldatult. Kaldapealsetes jõujaamades kõik dünamod teatavasti töötavad paralleelselt üldisel võrgul, milline tootmisviis lihtsustab võrku ennast ja selle jaotuselauda. Laevadel aga, kus iga ettetulevat riket on tingimata tarvis lokaliseerida, ilma et ülejääva võrgu töötamine selle all tohiks kannatada, ei ole paralleelne

töötamine vastuvõetav. Kui paralleelsel töötamisel üks dünamoist mingi rikke tõttu peaks välja langema, siis koormatakse üle teised masinad, millised peavad võtma kogu koormatuse enesele, kaitseseadised lülitavad need välja ja kogu võrk jääb vooluta. See aga on täiesti lubamatu, eriti, näiteks, reisijate laevadel.

Suurema töötamiskindluse saavutamiseks harilikult kogu laevavõrk jagatakse üksikutesse üksteisest eraldatavatesse osadesse ja need jaotatakse dünamote vahel nii, et iga masin on töötamisel teistest täiesti isoleeritud. Selle juures on võimalik ühendada n.n. valiklülitajate abil iga gruppi iga dünamoga. Niisuguse toitmise viisi juures ühe masina avarii puudutab ainult ühte võrgu osa, s.t. viga jääb lokaliseerituks. Tõrke likvideerimine on siin ka hõlpsam, sest ennemini saab vooluta võrguosa teistele dünamotele ära jaotada või tagavaradünamo käima lasta kui mitu masinat puuduliku valgustuse ja sellest tekkinud segaduse juures uuesti paralleelselt töötama panna.

Voolu tarvitajate iseloomu kohaselt laeva vooluvõrk jagatakse gruppidesse. Kõigepealt eraldatakse jõuvõrk valgustusevõrgust, millega peale muu elektromootorite töötamisel tekkivad pingekõikumised eraldatakse valgustusest. Peale selle on peajaotus tingitud veel nõudest, et voolutugevus magistraalides ei tõuseks üle teatud piiri, sest üle 400 mm² pöiklõike pinnaga kaablite vedu on võrdlemisi tülikas. Järgnev valgustusevõrgu alljaotus oleneb laeva iseloomust. Sõjalaevadel, näiteks, eraldatakse üksteisest vööri ja ahtri, parema ja vasaku parda valgustus, peale selle suuremates laevades veel ka alumiste ja peal- miste ruumide valgustus. Seesuguse alljaotuse ots- tarbeks on suurema lahinguvastupidavuse saavutamine, sest siis mingis laeva osas ette tulevad vigastused ei sega ülejääva võrgu korralikku töötamist.

Reisijate laevadel eraldatakse eeskätt n.n. hädavalgustus, milline peab jääma töötama igal tingimusel korra alalhoidmiseks, kuna kogemuste kohaselt valgustuse kustumine avarii korral kutsub esile panna. Sellesse gruppi kuulub tarviliste käikude, treppide ja ülemiste tekkide valgustus. Hädavalgustuse grupi toitmiseks on suurematel laevadel eriline

tagavara-aggregaat. Harilikult selleks on auruseadistest mitteolenev mootordünamo, mille asukoht valitakse uputuse eest võimalikult kauemaks kaitsmiseks kõrgemas laeva osas ja milline peale hädavalgustusevõrgu peab suutma toita veel laeva signaaltulesid, raadio-telegraafi, laeva juhtimise seadiseid ja paatide vintse.

Ökonoomsuse põhimõttest väljudes, jagatakse ülejääv harilik valgustus mõnikord kahte gruppi: ühe moodustavad kõik valgustusekohad, millised ka päeval ja sadamas seismisel voolu alla peavad jääma, kuna muu osa päevaks välja lülitakse.

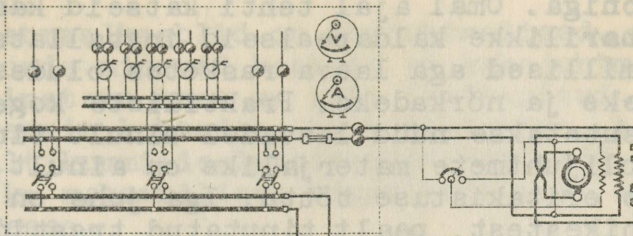
Peagruppide piirides jagatakse valgustus veel allgruppidesse otstarbe järgi, s.o. eraldi vahetekid, 1.-4.klassi reisijate ruumid, meeskond, masinad, katlaruumid j.n.e. Saksa Lloidi määruste järgi võib ühendada igasse harujuhtmesse kuni 12 kohta ja 30 vatti, kusjuures koha all mõistetakse kas valgustuse-lampe või muid samasuguse tugevusega voolutarvitajaid. Kuni 30 selletaolist harujuhet tulevad koondada ühte gruppi, mis mõnda jaotusekohta välja viidud.

Jõuülekande võrk jaotatakse kas voolutarvitajate asukoha järgi või koondatakse ühetaolised jõumasinad, nagu ventilaatorid ja söevintsid, eraldi gruppidesse.

Suurema kahejuhtmeline laeva vooluvõrgu kava on näidatud joonisel 94. Kogu võrku toidavad neli dünamomasinat, nende väljalülitamiseks on igaühe juures kaks lülitajat, miinusjuhtmes automaatne, plussjuhtmes harilik. Voolukogumise latte on viis. Negatiivne latt on üldine, positiivseid on neli - igale dünamole üks. Gruppide lülitajad võimaldavad iga gruppi iga dünamoga ühendada või tarbekorral täiesti välja lüüda. Peale peadünamote ja nende jaotuselaua on skeemil veel näidatud hädadünamo ja selle juhtmestik, mida normaalolukorras toidavad peadünamod.

Hõlpsamaks äratundmiseks värvitakse jaotuselaudade negatiivsed kogumislattid siniseks või mustaks, positiivsed - punaseks.

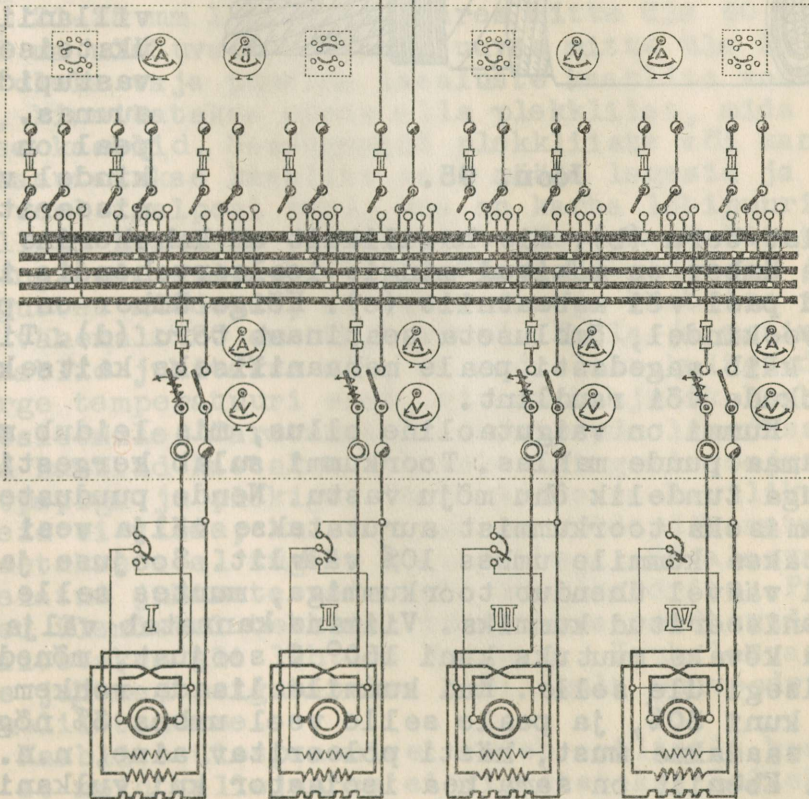
86. Voolukaablid. Laevadel üles seatavad voolujuhtmed peavad olema eriti tugeva ehitusega ja vastupidava



Häda - jaotuslaud

Hädadünamo

Pea - jaotuslaud

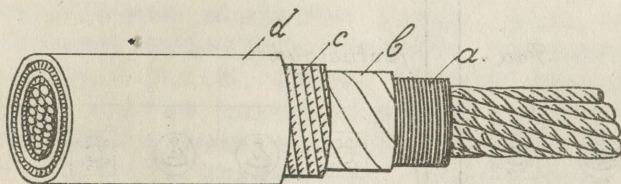


Joonis 94.

isolatsiooniga. Omal ajal tehti katseid kasutada laevadel harilikke kaldapealseid installatsioonimaterjale, millised aga laeva rasketes oludes osutusid ebakohasteks ja nõrkadeks. Praktiliste kogemuste tulemusena kasutatakse nüüd laevadel ainult tinakaableid.

Kaablijuhthmete materjaliks on ainult punavask oma väikse eritakistuse tõttu. Iga juhe on kokku keeratud peenikestest, pealt tinutatud traatidest. Ainult kellakaablite juhtmed koosnevad ühest traadist. Tinutamine hojab vaske isolatsioonikummis leiduva väävlit kahjuliku mõju eest.

Tinakaablite ehitus on mitmesugune, kuid üldjooontes järgmine (joon.95). Otse juhtmele on mähitud kaks korda puuvillaniiti (a) üksteisele vastupidises suunas. Niidi peal on veekindel vulkaniseeritud



Joon. 95.

kummist toru (b), mis harilikult on kahekordne ja mille ümber on mähitud mingis isoleervahendis imbutatud pael või asbestniit (c). Kõige ümber on pressitud veekindel, õmbluseta seatinast toru (d). Tinatorule käib sagedasti peale mehaaniliseks kaitseks veel traatkude või raudlint.

Kummi on vaigutaoline ollus, mis leidub mõnede lõunamaa puude mahlas. Toorkummi sulab kergesti ja on väga tundelik õhu mõju vastu. Nende puuduste kõrvaldamiseks toorkummi aurutatakse välja vesi ja lisatakse kummile umbes 10% väävlit. Soojuse ja surve mõjul väävel ühendub toorkummiga, muutes selle n.n. vulkaniseeritud kummiks. Viimane kannatab välja, ilma et ta kõvaks muutuks kuni 150° C soojust, mõned sortid isegi üle selle. Kui kummile lisada rohkem väävlit, kuni 30%, ja peale selle veel umbes 3% nõge, siis saadakse must, hästi poleeritav aine, n.n. eboniit. Eboniit on sama hea isolator kui vulkaniseeritud kummi ja neid mõlemaid tarvitatakse elektroteh-

nikas palju.

Magistraalkaablid on ühejuhtmelised. Peenemad, lampide juurde minevad kaablid on kahejuhtmelised, s.t. ühe tinatoru sees on kaks isoleeritud juhet.

Kuivemais kohtades, nagu eluruumes, tarvita- takse ainult kummi-isolatsiooniga juhtmeid, millised aga kaitseks mehaaniliste vigastuste eest asetatakse puuliistudesse.

87. Kaablite vedu. Tinakaablid veetakse laevadel mööda lagesid või vaheseinu ja nad kinnitatakse tsingitud raudplekist klambritega. Klambri kohal mähitakse juhtme ümber isoleerpaela või pressitud puupaberit. Klambrite vahe tuleb valida nii suur, et nende vahel kaabel ei painduks välja. Praktiliste kogemuste va- ral on välja kujunenud reegel, et 20 mm välise läbi- mööduga kaablitel klambrite vahe ei tohi olla üle 30 cm, 21-25 mm läbimõõdu juures mitte üle 40 cm, üle 25 mm ulatuva läbimõõdu juures mitte üle 50 cm. Et ei oleks vaja puurida laealuste kaablite veoks pimse, kinnitatakse nende alla plekkliist, mida mööda viiakse kaablid. Seesuguseid plekkliiste või kand- jaid kasutatakse kaablite veol mööda lagesid ja vahe- seinu veel igalpool seal, kus on karta läbipuurimist ja sellega kaablite vigastamist. Need kandeliistud on tsingitud raudplekist, U-või kastikujulised ja niisugustes mõõdetes, et vaheseina ja kaablite vahele jääks vähemalt 20 cm tühja ruumi. Katla- ja masinaruu- mes kaablid juhitakse nii, et nad oleks kaitstud lii- ga kõrge temperatuuri eest, mis on kahjulik kaabli isolatsioonile. Paratumatult aurutorude lähedusse jäävad kaablid kaetakse kaitseks kiirgamissoojuse eest asbestpapiga ja plekiga. Sõepunkritesse harilikult kaableid ei viida; kui see aga on möödapäästamatu, siis nad kaetakse seal tugeva plekkkattega. Sõjalaevadel on keelatud juhtmete vedu läbi kuulikeldrite. Pikemad juhtmed ülemistel tekkidel tõmmatakse raudtorudesse või kaitstakse alt lahtise U-rauaga. Kaubalaevade elu- ruumes juhtmed paigutatakse harilikult puuvoodrisse või puuliistudesse.

Kaablite ülespanemisel tuleb eriliselt hoolit- seda, et neid sellejuures ei vigastataks. Selleks tu- leb hoiduda kaabli järskudest keeramistest ja murd-

mistest, millised võivad vigastada isolatsioon ja tinatoru. Tinakaableid ei tohi üles panna külma käes. Lähikülmanud kaabel tuleb enne ülespanemist vähemalt 24 tundi sooja hoida. Kaablite otsi ei tohi jätta lahti, vaid need tulevad veekindlalt kinni panna, näiteks erilise massiga täis valada.

Kaablite viimisel läbi veekindlate vaheseinte kasutatakse veekindlaid topendeid. Harilikkudest vaheseintest läbiviimisel tarvitatakse lihtsaid isoleerpuukse, millised hoiavad kaablit vigastuste eest, mida võivad tekitada augu teravad servad. Kaablite ja kaabligruppide läbiviimine tekkidest sünnib sellekohaste torude kaudu: teki auku asetatakse tsingitud gaasitoru, mida pealpoolt tekki hoiab vintflants ja altpoolt kinnitab mutter seibiga. Pärast kaablite läbitõmbamist toru valatakse veekindlasti kinni. Kinnivalamiseks kasutatakse kolofooniumi ja tsattertoni segu. Mõnikord toimetatakse kinnivalamist vähe teisiti, nimelt topitakse kõige alla 2-5 cm paksune kiht kanepit, sellele kallatakse kolofoonium ja kõige peale tsatterton. Raudtorudesse asetatakse juhtmed veel igalpool seal, kus on karta nende mehaanilist vigastamist. Torude otsad sellejuures tehakse veekindlalt kinni. Valgustusearmatuuridesse, harukarpidesse ja aparaatidesse kaablid viiakse läbi veekindlate topendite.

Juhtmete põiklõiked valitakse nii suured, et pingekaotus dünamomasina ja tarvitaja vahel normaalsel kasutamisel oleks:

- 1) valgustuse ja pingekõikumise vastu eriti tundelikkude mootorite juures mitte üle 3%;
- 2) pikemalt töötavate mootorite juures ja pingekõikumiste vastu mittetundelikkude juhtimis-seadiste juures mitte üle 5%;
- 3) lühiajaliselt või vahedega töötavate mootorite juures mitte üle 10%;
- 4) pingekõikumiste vastu tundelikkude juhtimis-seadiste juures mitte üle 1%.

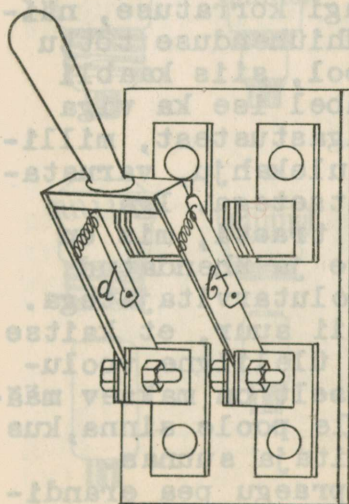
Pingekõikumiste vastu mittetundelikkudeks loetakse need juhtimis-seadised, millistel vastuvõtte osuti $\pm 10\%$ suurusel pingekõikumisel ei lähe välja ettenähtud seisundist.

Peale pingelangemise tuleb juhtmete põiklõike valikul ülearuse soojenemise ärahoiuks veel arvesse võtta suurimat voolutugevust. Alljärgnevast tabelist, milles on toodud laevade kindlustuseseltside normid maksimaalselt lubatava voolutugevuse ja kaitsete suuruse kohta, on näha, et ka need nõudmised on kõrgemad kaldapealsetest.

Põik- lõige mm ²	Suurim voolutu- gevus A	Vajalik kaitse A	Põik- lõige mm ²	Suurim voolutu- gevus A	Vajalik kaitse A
1	11	6	16	75	60
1,5	14	10	25	100	80
2,5	20	15	50	160	125
4	25	20	120	280	225
6	31	25	240	450	360
10	43	35			

88. Magistraallülitajad. Magistraallülitajad on ette

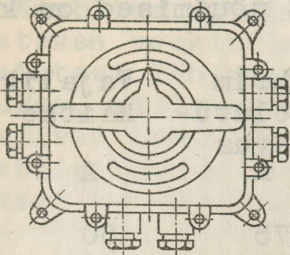
nähtud üksikute gruppide sisse- ja väljalülitamiseks, või ühelt dünamolt teisele ümberlülitamiseks. Vanemat tüüpi n.n. kiinlülitaja on näidatud joonisel 96. Vooluvõrgu tüübile vastavalt on neid lülitajaid nii ühe- kui kahepoolseid. Volta-kaare tekkimise ärahoiuks voolu katkestamise momendil lülitaja kiinidel on erilised vetruvad lipatsid (a) ja (b), millised tagavad voolu kiire katkestuse ka aeglasel väljatõmbamisel.



Joon. 96.

Praegu tarvitatakse laevadel kiinlülitajaid ainult jaotuselaudadel. Ülejäänud, väljaspool jaotuselaudu üles seatud lülitajad on peaaegu kõik n.n. pöördlülitajad, s.t. umbkaudselt samasugused kui

valgustuse lülitajad, ainult muidugi suuremale voolutugevusele vastavalt tugevama ja soliidsema ehitusega. Pöördlülitajate paremuseks on asjaolu, et neid



Joon. 97.

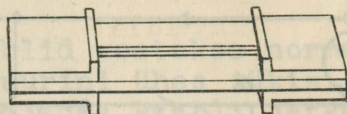
on hõlpsam ehitada veekindlana kui kiinlülitajaid. Üks suurem pöördlülitaja on näidatud joonisel 97. Samuti kui kiinlülitajad, võimaldavad ka pöördlülitajad väljalülitamist voolu all. Selleks nende konstruktsioon tagab voolu kiire katkestamise igasugusel käsitamisel. Pöördlülitaja suurus valitakse vastavalt kaitse nimiväärtusele või kaabli suurimale lubatavale voolutugevusele. Suuremad pöördlülitajad on kõik

kahepoolsed, s.t. võimaldavad võrgu mõlemapoolset väljalülitamist. Pöördlülitajad on keeratavad kas käepidemest või erilise võtme abil; viimasel juhul lülitaja kandiline pea on ebasoovitava käsitamise ärahoiduks sisse uputatud.

89. Kaitseid ja harukarbid. Kui mingi korratuse, näiteks isolatsioonivigastuse või lühiühenduse tõttu kaablist läheb läbi liiga tugev vool, siis kaabli isolatsioon võib ära põleda ja kaabel ise ka viga saada. Hoidumiseks seesugustest vigastustest, millised peale muu võivad tekitada ka tulekahju, varustatakse vooluvõrk tarviliku arvu kaitsetega. Iga sulavkaitse kujutab endast erilist traati, mis on kinnitatud sellekohasesse hoidjasse ja ühendatud järjestikku voolujuhtmetega või voolutarvitajatega. Kaitsetraadi põiklõige valitakse nii suur, et kaitse sulab ja katkestab voolu enne, kui üleliigne voolutugevus saab kaablit rikkuda. Üldiselt on maksev määrus, et kaitseid tuleb asetada igale poole sinna, kus juhtme põiklõige väheneb voolutarvitaja suunas.

Kaitsetraadid valmistatakse praegu pea erandita hõbedast. Laevadel tarvitatakse lamell- ja korkkaitseid. Esimest tüüpi tarvitati laevadel varemalt võrdlemisi palju. Lamellkaitse (joon.98) koosneb

ühest või mitmest paralleelselt lülitatud hõbetraadist, millised on asetatud isoleerainest ribale ja ühendatud otsakontaktidega.

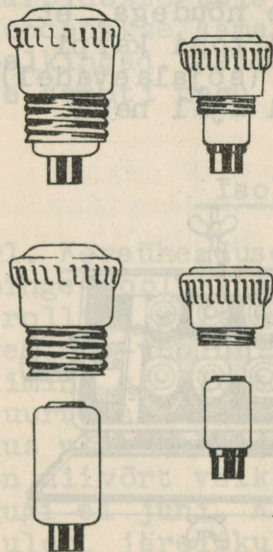


Kaitsed ja nende hoidjad on harilikult niisuguse konstruktsiooniga, et ei oleks võimalik sisse panna lubatavatest suuremaid kaitseid.

Joon. 98.

Lamellkaitsetes on korkkaitsetest väiksemad, kergemad ja odavamad. Nende puuduseks on asjaolu, et nad ei garanteeri tarvilikku plahvatuskindlust, eriti kõrgemate (220 V) pingete juures. Selletõttu praegu lubatakse neid tarvitada ainult jaotuselaudadel, misjuures kaitse läbipõlemisel sula metalli laialipritsimise ärahoiduks nad peavad olema varustatud katetega.

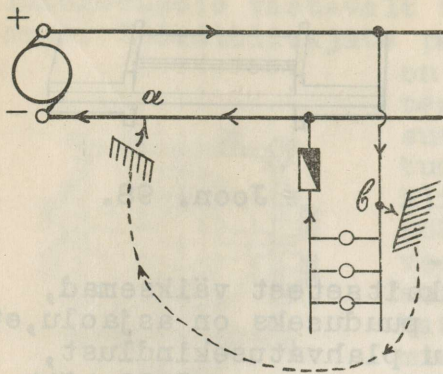
Korkkaitsetes (joon.99) kaitsetraat on asetatud portselankeresse, mille tõttu ka järsu lühiühenduse korral mingit kaart ei teki. Kaitsetraat sulab läbi korgikesta rikumata. Kaitsetraadi läbisulamise näitamiseks iga kork on varustatud vastava näiteseadise-ga. Kaitsekorkide ja nende pesade ehitus, samuti nagu lamellkaitsetelgi, on niisugune, et ta ei võimalda lubatavatest suuremate kaitsete tarvitamist.



Korkkaitsete vahetamise hõlbustamiseks ja odavamakstegemiseks nad valmistatakse viimasel ajal kahest osast: üheks on eraldi lahtivõetav kork ise, teiseks sellesse eraldi käiv kaitsepadrun. Läbipõlemisel on siis vaja vahetada ainult padrunit.

Kahejuhtmelistes võrkudes

Joon. 99.

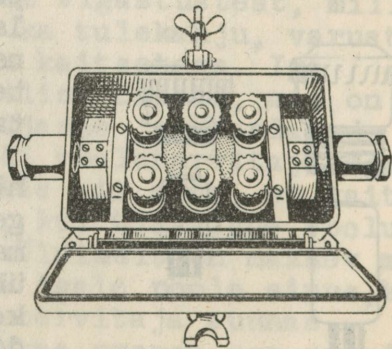


Joon. 100.

kaitset on harilikult kahepoolseid. Kahepoolsete kaitsete tarvidus selgub joonisel 100 toodud kavast. Oletame näiteks, et selles ühe kaitsega võrgus juhtmed saavad kereühenduse punktides (a) ja (b). Sel juhul läbib kaableid õige tugev vool, ilma et see kaitset riivaks ja kaitse olemasolule vaatamata kaablid vigastuvad.

Laevadel kaitset asetatakse harilikult metallkarpidesse, millised on ühtlasi ka harukarpideks, s.t. neis jaotatakse grupikaablitest tulev vool voolutarvitajatele. Harukarbid peavad olema veekindlad. Sõjalaevadel nõutakse, et nad peavad olema veekindlad kuni 1 atm. ülesurve korral, kaubalaevadel lepitakse nõudega, et veejoa juhtimisel harukarbile vesi ei tohi karpi pääseda. Harukarbid valatakse vasest (sõjalaevadel) või malmist (kaubalaevadel). Viimasel ajal neid valmistatakse ka plekist väljapressimise ja topendite külgekeetmise teel. Viimast tüüpi harukarp on näidatud joonisel 101.

Harukarpide topendid, mille kaudu kaablid karpi viiakse, on varustatud kummitihendustega. Samuti on tihendatud lahtivõetav kaas, mis kinnitatakse kruvidega või muu kiiresti töötava sulgemisseadisega. Topendid asetatakse harukarpide külgedele või alumisele poolele, mitte aga ülemisele selleks, et



Joon. 101.

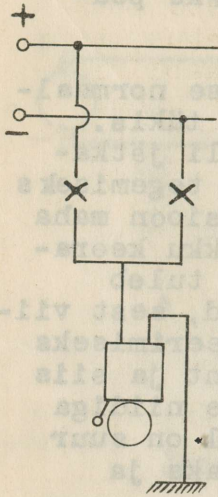
kaablite sisseviimise kohtadel vesi ei jääks peatuma.

90. Kaablijätkud ja otsad. Kaablid veetakse normaalselt karbist karbini või armatuurini ühes tükis. Mõnel juhul võib aga tekkida vajadus kaabli jätkamiseks, olgu kas või ajutiseks. Hea jätku tegemiseks tuleb jätkatavate kaablite otstelt isolatsioon maha võtta, juhtmete otsad hästi puhastada, kokku keerata ja inglisiinaga kokku joota. Jootmisel tuleb tarvitada kolofoniumi, kuid mitte happeid, sest viimased teevad ühenduse hapraks. Jätku isoleerimiseks selle ümber tuleb mässida esiteks kummilint ja siis isoleerpael. Pealt jätkukoht mähitakse üle niidiga ja kaetakse lakiga. Halvasti tehtud jätkul on suur takistus ja voolu all see võib minna kuumaks ja isegi põlema.

Valgustusearmatuuridesse, katkestajatesse ja harukarpidesse tulevate peenemate kaablite otsad keeratakse parema kontakti saavutamiseks aasadeks ja joodetakse üle. Jaotuselaudadele ja magistraalkarpidesse tulevate jämedate kaablite otste külge joodetakse samal otstarbel vasest, tinutatud kaabelkingad. Selle järele kaablite otsad isoleeritakse samuti nagu jätkud.

Isolatsiooni kontrollimine.

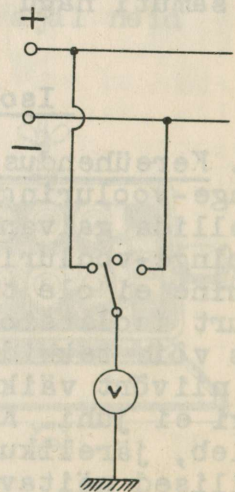
91. Kereühenduse kontrollimine hõõglampidega. Madalpinge-vooluringide isolatsiooni seisukorda võib kontrollida galvanoskoobi ja väikse patarei abil. Kõrgepinge-vooluringide isolatsiooni seesugune kontrollimine ei ole täpis, sest galvanoskoop näitab ainult suurt isolatsiooni riket. Kõrgepinge juures kereühendus võib tekkida ka siis, kui isolatsiooni rikked on niivõrt väiksed, et nad nõrgapingelist voolu sügugi ei juhi. Kõrgepinge-vooluringide isolatsiooni tuleb, järelikult, kontrollida niisuguste aparaatidega, millised näitavad isolatsiooni vastupidavust normaal-



Joon. 102.

Kirjeldatud seadis, arusaadavalt, võimaldab kereühenduse kontrollimist ainult siis, kui võrk on voolu all, pealegi saame sellega ainult umbkaudse pildi isolatsiooni seisukorrast. Täpsamaid tagajärgi annab kereühenduse kontrollimine voltmeetriga.

92. Kereühenduse kontrollimine voltmeetriga. Kereühenduse kontrollimiseks voltmeetri abil viimane tuleb varustada joon.103 näidatud ümberlülitajaga. Ümberlülitaja kangi asetamisel keskseisundisse voltmeeter on väljalülitatud. Keerame aga kangi paremale, siis voltmeetri üks näpits ühendub miinusmagistraaliga, teine näpits aga on ühendatud korpussega. Sel juhul plussmagistraali isolatsioonitakistus on lülitatud voltmeetriga järjestikku ja



Joon. 103.

se tööpinge juures.

Lihtsaim seadis kahejuhtmelise vooluvõrgu kereühenduse kontrollimiseks koosneb kahest järjestikku lülitatud ühesugusest hõõglambist, millised põlevad normaalselt poole tööpinge juures (joon.102). Lambid on ühendatud voolujuhtmetega, kuna nende vahelt on viidud ühendus läbi elektrikella laevakere külge. Niikaua kui kummagi juhtme isolatsioon on korras, lambid põlevad ühesuguse heledusega ja elektrikellast voolu läbi ei lähe. Tekitab aga mingis juhtmes isolatsioonirike, siis sellega ühendatud hõõglamp põleb tumedamalt, täieliku lühiühenduse korral isegi kustub ja ühes sellega elektrikell hakkab kõlisesema. Seadis järelikult näitab kereühenduse tekkimist automaatselt.

voltmeeter näitab teatud pinget. Mida paremas seisukorras on plusskaabli isolatsioon ehk, teiste sõnadega, mida suurem on tema isolatsioonitakistus, seda väiksem on voltmeetri näide. On aga plusskaabli isolatsioon vigastatud ja isolatsioonitakistus vähenenud, siis osuti näide on suurem. Isolatsiooni kontrollimiseks kasutatavatel voltmeetritel on harilikult numbrilaua kaks skaalat. Alumisel skaalal on märgitud pinge voltides, ülemisel skaalal isolatsioonitakistus oomides või megoomides. Pinge mõõtmisel loeme alumiselt skaalalt volte, isolatsioonitakistuse mõõtmisel tarvitame ülemist skaalat. Kui meil käesoleval juhul voltmeeter on lülitatud miinusmagistraali ja korpuse vahele, siis osuti kohal loeme ülemisel skaalal plussmagistraali isolatsioonitakistuse suuruse. Keerates ümberlülitaja kangi äärmisesse vasakusse seisundisse, lüüme voltmeetri plussmagistraali ja korpuse vahele ja ülemiselt skaalalt loeme miinusmagistraali isolatsioonitakistuse suuruse. Kirjeldatud viisil kahekordselt gradeeritud voltmeetrit nimetatakse ka oommeetriks.

Juhul, kui isolatsiooni kontrollimiseks kasutataval voltmeetril puudub isolatsioonitakistuse skaala, võib isolatsioonitakistuse suurust arvutada valemist:

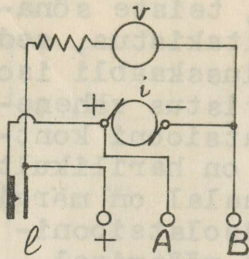
$$R = r \left(\frac{u}{u_1} - 1 \right).$$

Siin tähistavad: R - isolatsioonitakistust, r - voltmeetri takistust, u - kontrollitava vooluvõrgu pinget ja u_1 - voltmeetri näidet isolatsiooni mõõtmisel.

Isolatsiooni mõõtmine voltmeetri abil on küllalt täpne, kuid mõõtmist võib toimetada ainult siis, kui võrk on voolu all.

93. Induktor. Induktor kujutab endast universaalset isolatsiooni mõõtmise aparati, millega võime toimetada mõõtmisi igal juhul, ükskõik, kas võrk on voolu all või mitte. Peale selle võime kasutada induktorit hariliku voltmeetrina.

Induktor koosneb alalise voolu magnet-elektrimasinast ja kahekordselt gradeeritud voltmeetrist,

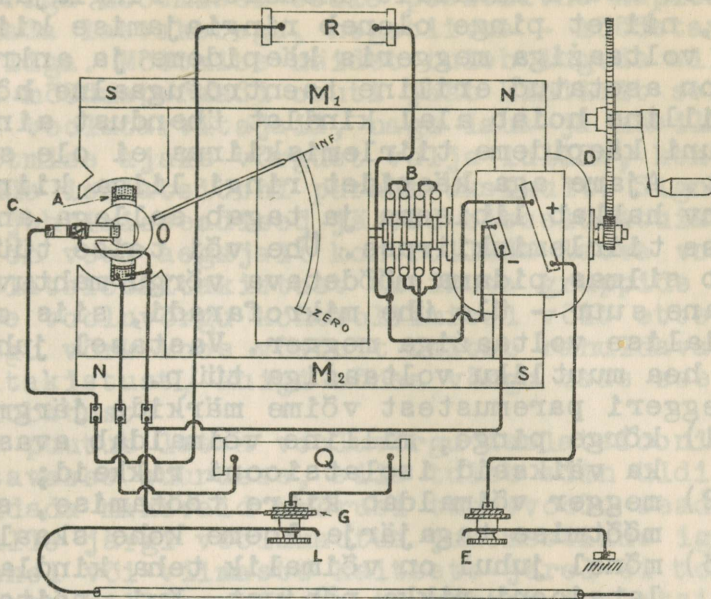


Joon. 104.

Voolu all mitteseisva kaabli isolatsioonimõõtmiseks ühendame (+) näpitsa selle kaabliga ja näpitsa (A) korpusega. Vastava nupu peale vajutades, ühendame sisse lülitaja (1) ja ajame ringi induktori vända nii kiiresti, et voltmeeter näitab normaalset pinget, s.o. harilikult 110 või 220 volti. Ringiajamist jätkates, laseme lülitaja lahti. Voltmeetri osuti kaldub siis teatud määral tagasi. Sealt, kuhu ta seisma jääb, loeme oomide skaalalt isolatsioonitakistuse suuruse.

Juhul, kui alalise voolu võrgu pinge on sama suur kui induktori normaalpinge, võime induktoriga mõõta isolatsioonitakistust ka siis, kui võrk on voolu all. Miinuskaabli isolatsiooniproovimiseks ühendame induktori (+) näpitsa plusskaabliga ja näpitsa (B) korpusega. Otsitava takistuse loeme otse skaalalt. Plusskaabli isolatsioonimõõtmiseks ühendame näpitsa (B) miinuskaabliga ja (+) näpitsa korpusega. Viimaste mõõtmiste juures ei tohi keerata vända.

94. Megger. Megger kujutab endast erikonstruktsiooniga induktorit. Ta koosneb liikuva pooliga oommeetrist ja käsitsi ringiaetavast magnet-elektrimasinast. Meggeri lülitusekava on näidatud joonisel 105. Induktorile kui ka oommeetriale vajaliku magnetivälja tekitavad sirged terasmagnetid (M_1) ja (M_2); (D) on magnet-elektrimasin, (O) - oommeeter, (E) ja (L) näpitsad. Viimastest (E) tuleb ühendada maaga ja (L)



Joon. 105.

kontrollitava liiniga. Oommeetril on kaks pooli. Üks neist, n.n. voolupool (A), mis järjestikku takistusega (Q), on lülitatud generaatori negatiivse harja ja näpitsa (L) vahele. (C), n.n. pingepool, on järjestikku takistusega (R) ja on ühendatud generaatori näpitsatega.

Täiesti hea isolatsiooni juures, kui isolatsioonitakistus on lõpmatu suur, vool läbib ainult pingepooli ja selle mõjul osuti kaldub ülemisse seisundisse, näidates lõpmatu suurt isolatsioonitakistust. Ühendame aga näpitsate vahele mingi takistuse, siis vool läbib seda ja ühtlasi ka voolupooli. Viimase mõjul osuti keeratakse allapoole kuni teatud tasakaalu-seisundini, milles kummagi pooli pöördemendid muutuvad võrdseteks. Sellejuures osuti näitab skaalal isolatsioonitakistuse suurust. Kui meggeri vänta mitte puutada, siis osuti on täiesti vaba ja võib peatuda ükskõik millises seisundis.

Meggereid on kahte tüüpi - alalise ja muutliku

voltaažiga. Viimases tüübis induktori ankur on hammasrataste kaudu kindlalt ühendatud ringiajamise vändaga, nii et pinge oleneb ringiajamise kiirusest. Alalise voltaažiga meggeris käepideme ja ankruvõlli vahele on asetatud eriline tsentrofugaalne hõõrumismuhv, milline hoiab alal kindlat ühendust ainult niikaua, kuni käepideme tiirlemiskiirus ei ole suurem lubatust. Ajame aga käepidet ringi liiga kiiresti, siis muhv hakkab libisema ja tagab sellega ankru ühesuguse tiirlemiskiiruse. Ühe või teise tüübi valikul peab silmas pidama mõõdetava võrgu mahtuvust. On viimane suur - üle ühe mikrofaradi, siis on tarvilik alalise voltaažiga megger. Vastasel juhul on küllalt hea muutliku voltaažiga tüüp.

Meggeri paremustest võime märkida järgmisi:

- 1) kõrge pinge, milline võimaldab avastada ka väikseid isolatsioonirikkeid;
- 2) megger võimaldab kiire töötamise, sest mõõtmise tagajärje loeme kohe skaalalt;
- 3) mõnel juhul on võimalik teha kindlaks isolatsioonirikke põhjust. Kui, näiteks, pinge tõusmisel näide väheneb, siis rike on tingitud isolatsiooni rõskusest. Kiired näite kõikumised tulevad isolaatori pinnal või selle sees asuvatest metalli raasukestest.

Peale kirjeldatud lihtsa meggeri on veel müügil kombineeritud n.n. bridge-megger ehk sildmegger, millist samuti võib kasutada isolatsiooni mõõtmiseks, kuid millise võib muuta takistuste magasinil külgelülimisega väiksemate takistuste mõõtjaks. Aparaaadi skeem viimasel juhul muudetakse nii, et oommeetri muutub Wheatstone'i silla galvanoskoobiks. Samal ajal ankrumähise sektsioonid lülitakse üksteisega paralleelselt, et suurendada sellega voolutugevust tarviliku määraneni.

95. Laeva vooluvõrkude isolatsiooni kontrollimine. Laeva vooluvõrgu isolatsioonitakistuseks loetakse kogu vooluvõrgu ja laevakere vaheline takistus. Võrgu isolatsioonitakistus on teatavasti proportsionaalne selle pikkusega. Isolatsioonitakistuse mõõtmisi tuleb toimetada võimalikult võrgu tööpingega, igal ju-

hul aga mitte alla 100-voldise pingega. Induktoriga või meggeriga mõõtmisel selle positiivne näpits tuleb ühendada laevakerega, negatiivne - mõõdetava magistraaliga. Mõõtmise näidet tuleb lugeda alles siis, kui mõõduaparaadi osuti jääb kindlalt seisma. Liikuvaid voolutarvitajaid, nagu laua- ja käsilampe, tuleb mõõtmise ajaks võrgust välja lülida, kontrollides nende isolatsioonipärast üksikult. Signaaltuled ja juhtimisreedid jäävad sisselülituiks. Soovitav on veel aegajalt kontrollida laeva vooluvõrgu isolatsioonitakistust üksikute gruppide kaupa, sest suure vooluvõrgu kontrollimisel võib ette tulla, et kogu võrk koos võetult näitab rahuldavat isolatsioonitakistust, kuigi mõnes võrgu osas see on väiksem lubatust.

Mis puutub laeva vooluvõrgu isolatsioonitakistuse nõutavasse suurusse, siis tuleb siin üldiselt silmas pidada maksimaalselt määrusi tugevvoolu seadete kohta, mille järgi voolukaotus juhtmestikis iga kahe kaitse vahel või viimaste kaitsete järel ei tohi ületada ühte milliamprit, s.t. vastav isolatsioonitakistus peab olema vähemalt 1000 oomi, korrutatud tööpingega voltides. Peale selle võib aluseks võtta laeva kindlustuseseltside vastavaid eeskirju. Saksa Lloyd'i eeskirjad, näiteks, nõuavad, et laevavõrgu isolatsioonitakistus peab olema vähemalt 1000000/N oomi, kus N tähistab sisselülitatud hõõglampide, käsi-ventilaatorite ja muude selletaoliste voolutarvitajate arvu. Iga elektromootor sellejuures arvatakse võrdseks 10 hõõglampiga. Iga peamagistraal jaotuselaualt mõõdetult peab näitama ülaltähendatud isolatsiooniväärtust pluss veel 10000 oomi. Neid nõudeid võrk peab rahuldama, kui mõõtmisi toimetatakse pärast 5 tunnilist normaalset töötamist. Iga üksiku dünamomasina isolatsioonitakistus külmalt mõõdetult ei tohi olla alla 500000 oomi ja kestval töötamisel ei tohi langeda alla 25000 oomi.

96. Isolatsiooni vigastuse koha määramine. Suures võrgus isolatsiooni rikke koha määramine on tülikas ja nõuab palju aega. Esiteks tehakse kindlaks, missugusse magistraali vigastus kuulub ja missugusse grup-

pi. Selleks soovivõrk eraldatakse gruppidesse ja igaihe isolatsioonitakistus mõõdetakse eraldi. Viigastatud grupp jagatakse uuesti väiksematesse osadesse, kuni isolatsiooni rikke koht on leitud.

Kõige sagedamini isolatsiooni rike asub juhtmete ühendusekohtadel lülitajatega, kaitsetega või armatuuridega ja juhtmete väljatuleku kohtadel raudtorudest. Seepärast tuleb vigastuste otsimisel need kohad kõigepealt järele vaadata.

Kui leitakse, et mingi kaabli isolatsioon on rikkis, siis kaabel, kui ta ei ole väga pikk, tuleb maha võtta ja uuega asendada. Pikem kaabel tuleb keskelt pooleks lõigata ja vigastatud osa vahetada. Kaablijätk viimasel juhul tuleb teha varemalt toodud juhiste kohaselt.

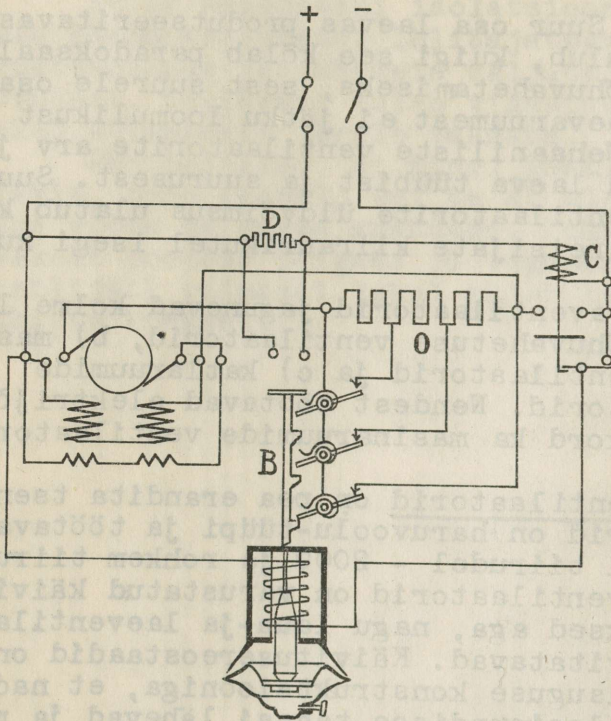
V. Elektriõulised laevamehhanismid.

97. Ventilaatorid. Suur osa laevas produtseeritavast elektrienergiast kulub, kuigi see kõlab paradoksaalselt, kunstlikuks õhuvahetamiseks, sest suurele osale arvurikastest laevaruumest ei jätku loomulikust ventilatsioonist. Mehaaniliste ventilaatorite arv ja üldvõimsus olenevad laeva tüübist ja suuruselt. Suurtel sõjalaevadel ventilaatorite üldvõimsus ulatub kuni 300 kW, suuritel reisijate kiiraurikutel isegi kuni 700 kW.

Üldiselt laevaventilaatorid jagunevad kolme liiki: a) eluruumide õhuvahetuse ventilaatorid, b) masinaruumide jahutuse ventilaatorid ja c) katlaruumide värskeõhu ventilaatorid. Nendest töötavad elektriõul eluruumide ja mõnikord ka masinaruumide ventilaatorid.

Eluruumide ventilaatorid on pea erandita tsentrofugaaltüüpi. Mootorid on haruvoolu-tüüpi ja töötavad võrdlemisi kõrgetel tiirudel - 2000 ja rohkem tiiru minutis. Suuremad ventilaatorid on varustatud käivitusereostaadiga, väiksed aga, nagu laua- ja laeventilaatorid, on otse käivitatavad. Käivitusereostaadid on suuremalt jaolt niisuguse konstruktsiooniga, et nad pinge kadumisel nullseisundisse tagasi lähevad ja mootori seega välja lüüvad. Uueks käivitamiseks tuleb siis reostaat käsitsi uuesti välja keerata. Suurtel reisijatelaevadel, millised omavad suure arvu elektri-ventilaatoreid hiali mööda kogu laeva, ventilaatorite igakordne käivitamine on tülikas ja aegaviitev ja viiakse läbi selletõttu sagedasti liiga kiiresti, mis aga on kahjulik mootorile ja eriti kollektorile. Ventilaatorite kiireks ja ühes sellega ka alati reeglipäraseks käivitamiseks kasutatakse seesugustes tingimustes automaatseid käivitajaid, millised käivitavad mootori niipea, kui vastav vooluring sisse lülitakse. Voolu sisse- ja väljalülitamiseks on siis harilikud lülitajad kas eraldi iga ventilaatori juures või ühised jaotuselaul.

Ühe automaatse käivitaja skeem on toodud joonisel 106; seda tüüpi võib kasutada kuni 10 HP võimsuse juures.



Joon. 106.

tiil sulgub ja õhk voolab välja ainult läbi väikse, kruvi abil tellitava augu. Sellega saavutatakse aeglane käivitamine, sest mootori käivituseaeg oleneb astmelülitaja tagasimineku ajast. Relee (C) vooluringi on lülitatud takistus (D), millise suurus on selline, et relee suudab ankru külge tõmmata ainult siis, kui astmelülitaja üles tõustes takistuse (D) lühikesele lülib. Relee (C) on veel varustatud joonisel näitamata sädemekustutajaga.

Ventilaatorite mootorid peavad töötama võimalikult vaikselt ja ei tohi kõrgete tiirude peale vaatamata viskuma hakata, milleks nad peavad olema hästi balane-

Ta koosneb käivituse-astmelülitajast (B), milline õhkpiduri poolt sumbutatult käivitustakistuse (O) teatud ajaga lühikesele lülib, ja releest (C), milline toimetab töövoolu sisse- ja väljalülitamist. Voolu sisselülitamisel astmelülitaja tõuseb kiiresti, sest õhk saab läbi nahkmembraanis asuva ventiili järele voolata ja selletõttu voolukontaktid lülitakse välja kiiresti. Astmelülitaja tagasiminekul see ven-

seeritud nii staatiliselt kui ka dünaamiliselt. Mootor ja ventilaator ehitatakse harilikult kokku nii, et ventilaatori ratas istub mootori väljaulatuva võlli otsas. Hõõrumiskadude vähendamiseks ventilaatori ratas alati tsingitakse. Sageli tsingitakse samal otstarbel seest ka ventilaatori kere ja õhukanalid.

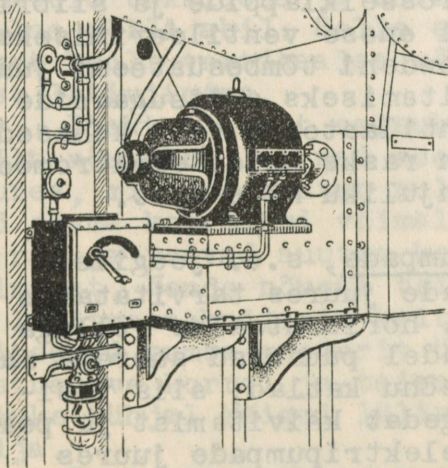
Mootori ehituseviis on olnud tema ülesseadmise kohast. Seesmistes ruumides üles seatavad mootorid on harilikult poolkinnise ehituseviisiga, milline kaitseb veepiskade eest. Tekil üles seatavad mootorid on arusaadavalt täiesti kinnise, n.n. kapseldatud ehituseviisiga. Et aga kapseldatud mootorite kogu ja kaal on võrdlemisi suured, siis kasutatakse viimasel ajal tagajärjerikkalt nende asemel ka kinniseid ventileeritavaid mootoreid, milliste jahutuseõhk võetakse kas ventilatsiooni torustikust või otse välisatmosfäärist mootori aluse kaudu. Viimasel juhul vastav konstruktsioon takistab veepiskade sattumist mootorisse.

Ventilaatoreid ühes mootoritega ei asetata otse tekile, olgu see puu- või raudtekk, vaid nende alla käib harilikult raudalus. Häälde ülekande vähendamiseks pannakse mõnikord veel raudalusele korgikiht ja puust alusplaat, mille külge kinnitatakse mootor. Kuna

peale laeva raudkere ka õhukanalid ise juhivad häält võrdlemisi hästi, siis ühendatakse mõnikord ventilaatori ja õhutorustiku vahele lühikesed pre-sentvooliku tükid.

Seesmise ruumi ventilaatori kuju ja asetuseviisi näitab joonis 107. Ventilaator asetseb vahe-seina külge kroonsteinina monteeritud alusel. Mootor on poolkinnist tüüpi. Lülitaja ja käivituse-reostaat asuvad mootori juures.

Laua- ja laeventilaatorid on harilikult väikse



Joon. 107.

võimsusega ja nad on määratud ainult kohaliku ise-loomuga õhuliikumise tekitamiseks. Eriti seesugused ventilaatorid on pea möödapäastamatult vajalikud palavas kliimas. Paremat tüüpi lauaventilaatorid on varustatud liikuva põlvühendusega mootori ja aluse vahel ja võimaldavad seega nii lauale asetamist kui ka seinale riputamist. Mootori jala sisse ehitatakse harilikult tiirude regulaator, milline võimaldab muuta tiirusid umbes 50% võrra. Laeventilaatorid on laevaruumide võrdlemisi väikse kõrguse tõttu harilikult madalate tiirudega ja üheainsa paari tiivadega.

Masinaruumide ventilaatorite tiirud on harilikult reguleeritavad umbes 25% võrra peeneastmeliselt. Mootori konstruktsioon oleneb, samuti nagu eluruumide ventilaatoritel, ülesseadmise kohast. Käivitajad ja tiirude regulaatorid on ka samasugused, ainult masinaruumes nad asuvad mootorite otseses läheduses, nii et masinapersonaalil on võimalik ventilatsiooni hõlpsasti reguleerida.

Ka katlaruumi värskeõhu ventilaatorite juures eelistatakse sageli elektrilist vedu, eeskätt seepärast, et see võimaldab kiiresti ja täpsalt reguleerida vajalikku õhu hulka. Kaubalaevadel sageli kasutatava Howdeni tõmbe juures, näiteks, elektriventilaatorite kasutamisel on võimalik viimaste hea reguleeritavuse tõttu loobuda drosselklappide ja siibri-
te tarvitamisest. Katlaruumi enese ventileerimiseks, mis, näiteks, on tarvilik Howdeni tõmbesüsteemi juures, kui ka katla tõmbe tekitamiseks suitsugaaside väljajätmisega on elektriventilaatorid vähe kohased, sest niisugustel juhtudel on raske hoida elektromootorit kõrge temperatuuri kahjuliku mõju eest.

98. Pumbad. Vesivarustuse pumpade, s.o. joogivee, pesuvee ja soolase vee pumpade juures tarvitatakse harilikult normaalseid, s.o. horisontaalse völliiga elektromootoreid. Kuna laevadel puuduvad suurema mahuga kulusisternid või surveõhu katlad, siis vesivarustuse pumbad vajavad sagedat käivitamist ja peatamist. Neid tegevusi võib elektripumpade juures hõlpsasti automatiseerida, tehes käivitamise ja peatamise olenevaks torustiku surve, milline teatavasti võib kõikuda 2 - 4 atmosfääri vahel. Tuleb ette ka

niisuguseid konstruktsioone, kus vesivarustuse elektripumbad töötavad otse vastavatele torustikku-
dele, täiesti ilma kulusisternita või õhukatlatata. Niisugusel juhul pump muidugi peab töötama vahedeta ja alal hoidma torustikus vajalikku survet. Pumba reguleerimist toimetab niisugusel juhul torustiku surve mõjul töötav automaatregulaator, milline mõ-
justab ergutusevoolu tugevust ja kohandab mootori tiirusid vee tarvitusele, muutes neid 25 - 100% pii-
rides normaalsest tiirude arvust. 25%-listele tiiru-
dele vastavast väiksema veetarvituse juures torustiku liigselt pumbatav vesi voolab läbi erilise tagasi-
jooksu-ventiili imemispoolele tagasi. Niisuguse auto-
maatregulaatori konstruktsioon sarnaneb suurel mää-
ral automaatsele käivitajale.

Lekkpumpade otstarbeks on avari korral sisse-
tungiva vee väljapumpamine. Need pumbad on tsentro-
fugaaltüüpi ja vertikaalse völliiga. Kuna lekkpumpa-
delt nõutakse, et nad peavad edasi töötama ka vee
all, siis otse pumba peale asetatud mootor varusta-
takse n.n.sukeldusekupliga, mille mõõdud valitakse
niisugused, et sissetungiv vesi kuplis olevat õhku
kokku surudes ei pääseks kupli ülemises osas asuva-
te, voolu kandvate osadeni. Teise ehituseviisi juu-
res pump ise asetatakse laeva põhja, mootor aga kõr-
gematele tekkidele ja ühendatakse pumbaga pika verti-
kaalse völli abil. Selle ehituseviisi juures nõuab
suurt hoolt vertikaalse völli ülesseadmine ja tekki-
dest läbiviimine.

Elektriliselt seisukohalt lekkpumpade mooto-
reilt nõutakse, et nad vee mitmesuguse vastusurve
juures, milline muutub nullist kuni 10 meetrini, pea-
vad olema koormatud võimalikult ühetaoliselt ja täiel
määral ja peavad suutma kestvalt arendada nõutavat
võimsust. Nende nõuete täitmine on läbi viidav erilis-
te lülitusetehniliste kaitsevahenditega, millised
kaitsevad pumba mootorit ülekoormatuse eest suure
vastusurve korral ja teiselt poolt lõhkumamineku ära-
hoiuks tühjal käigul lülivad mootori automaatselt
välja.

Peale ülaltähendatute kasutatakse mootorlaeva-
del ja allveepaatidel veel elektrijõul töötavaid
jahutusevee- ja õlipumpasid, samuti töötavad sõja-ja

suurematel kaubalaevadel ülesseatavatest jahutuse-seadiste pumpadest suurem osa elektrijõul.

99. Kompressorid. Laevadel kasutatavad elektrokompessorid jagunevad kahte liiki. Esimesse kuuluvad madalasurevelised turbokompressorid, milliseid kasutatakse kahetaktiliste peamootoritega mootorlaevadel läbipuhumis-õhu saamiseks kui ka seadistes vedelate, jahutaoliste või peeneteraliste ainete kiireks peale- või mahalaadimiseks ežektorite abil. Teise, sageda- mini ette tulevasse liiki kuuluvad kõrgesurvevelised kolbkompressorid, milliseid kasutatakse suurtel mootorlaevadel tagavara-kompressoritena sissepuhumis- ja manövreerimis-õhu saamiseks, mida muuseas näevad ette ka klassifikatsioonireeglid.

Peale elektrijõuliste kompressorite on olemas ka põlemismootorite jõul töötavaid, kuid viimasel ajal tulevad eriti sagedasti ette kolmekordsed agregaadid, millised koosnevad ühele ja samale alusele monteeritud põlemismootorist, dünamost ja kompressorist. Seesugust agregaati, milline viimasel ajal lihtsaid elektrokompressooreid hakkab välja tõrjuma, võib kasutada, kui kompressor erilise hõõrumismuhvi abil välja ühendada, mootordünamona, s.o. vooluallikana, või jälle tarviduse korral mootorkompressorina, misjuures dünamo tühjalt kaasa jookseb. Niiuguse kombineeritud agregaadi paremuseks on asjaolu, et ei ole tarvis näha ette ainult harva tarvis mineva kompressori jaoks erilist põlemis- või elektromootorit, sest kolmekordses agregaadis saab põlemismootorit ühes dünamoga kui vooluandjaid täielikult ära kasutada. Väiksete võimsuste juures kasutatakse seesugustes agregaatides kuumenduspeaga mootoreid. Ühe seesuguse agregaadi andmed on järgmised: kuumenduspeaga mootor 16 HP, dünamo 10 kW ja kolbkompressor, mis annab tunnis 12 m³ õhku 12 atü survega. Suurema võimsuse juures tarvitatakse dieselmootoreid, misjuures, näiteks, 120 HP dieselmootor ühendatakse 75 kW dünamoga ja kompressoriga, mis võib anda tunnis 410 m³ õhku 65 atü juures.

Madalsurve elektrokompressorid koosnevad tsentrifugaaltüüpi kompressorist, mis elektromootoriga

kokku ehitatud ja otse ühendatud. Mootor töötab kõrgetel tiirudel ja jahutatakse intensiivselt sisseimetava õhuga, mille tõttu mootori mõõdud on eriti väiksed.

100. Elektrivintsid. Elektrijõulisi laadimisvintse kasutatakse pea erandita mootorlaevadel. Normaaltüüpi elektrivintsid on $1\frac{1}{2}$, 3, 5 ja $7\frac{1}{2}$ tonnillise kandejõuga, suurematel laevadel seatakse neid üles kuni 12 ja isegi 15 tükki. Nimetatuid suurema tõstejõuga elektrivintse leidub harva; isegi eriti suurte raskuste, nagu vedurite tõstmiseks eelistatakse normaaltüüpi vintside kasutamist mitmeseibiliste talide vaheleühendamisel.

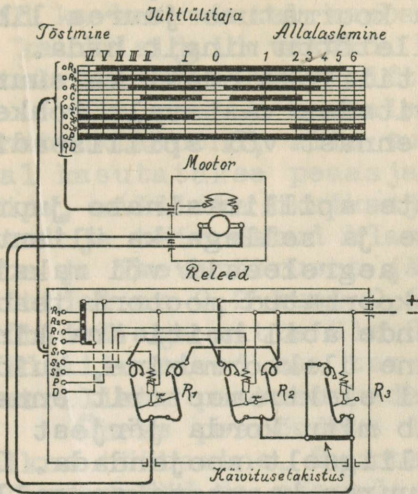
Auruvintsidega võrreldult elektrivintsid omavad mitmeid paremusi. Nad töötavad väiksel ja on kerged juhtida, ei vaja soojendamist ega isegi vaevalist osade lahtisulatamist ja neil ei ole lekkivaid osi, mis tekitavad tekile mustust. Peale selle elektrivintsid on tunduvalt ökonoomsemad. Praktilised kogemused näitavad, et ühe tonni laadungi ülevõtmiseks auruvintsid tarvitavad umbes 2,3 kg süsi, aurudünamolt toidetavad elektrivintsid aga ainult umbes 1,7 kg süsi ja dieseldünamotelt toidetavad elektrivintsid kõigest 0,17 kg õli. Tähtsaks paremuseks osutub veel asjaolu, et elektrivintsid omavad parema laadimistempo, s.t. antud võimsuse juures suudavad teatud ajaga rohkem kaupa peale või maha laadida.

Teatavasti ei ole laadimisvintsid, eriti tükkkauba laadimisel või lossimisel, kaugeltki alati täielult koormatud, vaid nende keskmine koormatus on harilikult poole väiksem normaalsest koormatusest. Peale selle koormatus muutub väga suurtes piirides ka iga üksiku tõstmis-operatsiooni vältel ja selle tõttu tuleb lugeda vintsidele kõige kohasemaks seesugust jõumasinat, mille kiirus koormatuse vähenemisel tõuseb niipalju, et jõumasin alati täiel määral ära kasutatakse. Aeglasele raskuse tõstmisele peab järgnema selle kiire mahapanemine uues kohas ja selle järele on tarvis samuti kiiresti haak üles tõsta ja esimesse kohta tagasi lasta. Mingisugused mehaanilised kiiruse vahetamise abinõud ei ole vastuvõetavad, sest oleks võimatu läbi viia nende vahetpidamatut

ümber ühendamist õigel ajal. Peavoolu-tüüpi elektromootor aga kohandab ise oma tiirusid koormatusele ja ei nõua selles suhtes viintsijuhalt mingit vahelesegamist. Peavoolu-mootoritega varustatud elektrivintsid selletõttu kohandavad oma tiirusid koormatusele niisugusel määral, et, näiteks, poole koormatuse juures tiirud on umbes kaks korda, tühja käigu juures aga isegi neli kuni viis korda suuremad kui täiel koormatusel.

Konstruksioonilt elektrivintsid sarnanevad auruviintsidega, selle vahega muidugi, et aurumasin on asendatud elektromootoriga. Kuna vintsi elektriseaded, s.o. mootor ja kontrollid, asuvad välise atmosfääri ja merevee otsese mõju käes, siis nende konstruksioon arusaadavalt peab olema täiesti hermeetiline, s.o. kapseldatud. Mootor on peavoolu-, kompaund- või ka reguleeritavat haruvoolu-tüüpi ja teda juhitakse kas otse vintsi küljes asuva tugevoolu kontrolleriga või releede ja juhtkontrolleri abil. Kuigi tugevoolu kontrolleriga juhtimine on lihtsam ja näib selletõttu kindlam, tuleb siiski eelistada releejuhtimist. Vaatamata sisseehitatud sädemekustutajale tugevoolu kontrollerites tulevad siiski ette aeglasel ümberlüümisel sädemed ja leek, millised rikuvad voolukontakte, - seda enam, mida suurtemate voolutugevustega on tegemist. Releed aga lüüvad voolu sisse ja välja silmapilkselt ja selletõttu nad vajavad palju vähem hooldamist ja remonti kui tugevoolu kontrollerid. Pealegi asetatakse releed hästikaitstud laevaruumi, harilikult mitme vintsi releed ühte, ja seal võib neid järele vaadata igal ajal, ka töötamisel, kuna tekil asetseva kontrolleri lahtivõtmise ja remont on läbi viidavad palju halvemini.

Ühe releejuhtimisega elektrivintsi skeem on näidatud joonisel 108. Juhtkontroller omab keskmise nullseisundi ja sellest kummalegi poole kuus tööseisundit - ühele poole töötamine, teisele poole allalaskmine. Kontrolleri viimisel keskseisundist seisundisse 1 lülitakse sisse kõigepealt ergutusevool ja siis suunarelee (R_1) või (R_2) kaudu ankruvool ühes või teises suunas läbi käivitusetakistuse. Seisundisse 2 üleviimisel vastava relee (R_3) abil



Joon. 108.

käivitusetakistus lülitakse lühikesele, kuna seisunditesse 3, 4, 5 ja 6 edasiviimisel ergutusevoolu vähendamisega tõstetakse mootori ja ühes sellega ka vintsi tiirusid. Tiirude kohandamist koormatusele toimetab selle lülituse juures vintsi juht isiklikult, kuna eeltoodu kohaselt on olemas ka seadiseid, kus see toimub automaatselt. Juhtkangi viimisel keskseisundisse ankruvool lülitakse välja ja ankur lülitakse käivitusetakistusele, millega saavutatakse mõjuv pidurdamine, sest ergutusevool jääb täiel määral sisse lülituks.

101. Ankruspillid. Ankruspille kasutatakse peale ankru hiivamise ka laeva edasi hiivamiseks; mõlema ülesande juures normaalsed pöördemomendid ületatakse sagedasti tunduvalt. Viimane asjaolu ongi põhjuseks, miks ankruspillide juures elektrivedu suutis läbi lüüa alles palju hiljem kui laadimisvintside juures. Täiesti välja lastud ankruketi sissehiivamisel, näiteks, koormatus tõuseb järjest kuni põhjast lahtirebimiseks tarviliku maksimaalse suuruseni, mille juures klassifikatsiooni seltside nõuete järgi keti pingutus ei tohi ületada $1/3$ tõmbetugevusest. Spillilt selle juures nõutav pöördemoment on umbes 3 korda suurem normaalsest. Peale ankru lahtitulemist jääb koormatus, olenevalt ankruga ja keti raskusest, ikka veel suureks, kuid keti edaspidisel sissevõtmisel ta väheneb järkjärgult ja keti sissevõtmise kiirus selletõttu suureneb. Niisugustes töötingimustes, eriti just ülekoormatuse ohu pärast, on aurumasin

spillidele üldiselt kohasem elektromootorit. Teatavasti jääb aurumasin teatud maksimaalse, aurusurve ja kolvipinnast oleneva koormatuse juures lihtsalt seisma ja ei tekita selletõttu mingit häda. Normaalne elektromootor aga tiirleks edasi ka suurima ülekoormatuse juures tarvitades vastavalt rohkem voolu, kuigi ta sellejuures ennast või spilliseadist või mõlemaid vigastada võib.

Esimeste elektrijõuliste spillimasinate juures kasutati liigse voolutugevuse ja sellega ka ülisuurte pöördemomentide ärahoiuks aegreleesid või maksimaallülitajaid, millised ülekoormatud mootori teatud aja pärast välja lüüsid. Nende abil hoiti ära kindlalt spilliseadise mehaaniline ülekoormamine, kuid ei kaitsitud tarvilikul määral elektromootorit ennast, sest suurim voolutugevus võib mitu korda järjest korduda ja mootori mähiseid liigselt soojendada. Uuemate elektriveoga spillide juures kasutatakse selle ärahoiuks peale maksimaallülitajate veel erilisi termoreleesid, millised takistavad voolu sisselüümist siis, kui mootori soojenemine on ületanud lubatud piiri. Peale selle kasutatakse ka erilisi, piiratud vooluga käivitusemasinaid.

Mis puutub juhtimisse, siis elektrispillide juures kasutatakse nii relee- kui ka kontrolleri juhtimist. Releejuhtimist kasutatakse peasjalikult siis, kui on tegemist nii suurte voolutugevustega, milliste juures tugevvoolu kontrolleriid omaksid liiga suured mõõted ja oleksid selletõttu raskelt käsitatavad. Viimasel juhul leiab kasutamist ka Leonardi seadis, mis võimaldab õige suurte voolutugevuste täpsat reguleerimist. Vajatava suure voolutugevuse tõttu spilli voolujuhtmed viiakse harilikult otse peajaotuslauale. Sulavkaitsete asemel spillimasinaile sobivad paremini automaatlülitajad, milliste reguleerimist tuleb ainult kokku kõlastada spilli kaitseseadistega.

102. Liftid. Elektrilised tõstemehhanismid võeti tarvitusele kõigepealt sõjalaevadel, kus neid vajati laskemoona tõstmiseks laeva põhjas asuvatest keldritest ülemisele tekile kahurite juurde. Hiljem hakati kasutama elektrilifte, kuigi teisetüübilisi, ka kaubalaevadel. Praegu elektrilised inimeste, pakkide ja

toidu liftid on muutunud möödapäästamatult tarvilikeks mitte ainult suurtel reisijate-aurikutel, vaid ka keskmistel kaubalaevadel, millised peale kauba ka reisijaid veavad. Suurtel reisijate-kiiraurikutel leidub elektrilifte kuni 15 tükki.

Mis puutub kaubalaevadel tarvitataivate liftide konstruktsiooni, siis tuleb üldiselt tähendada, et seal kasutatakse peaasjalikult kaldal äraproovitud tüüpe, milliste üksikasjalik väljatöötamine on muudetud ja täiendatud klassifikatsiooni seltside reeglite ja laevamääruste järgi. Tõstekiirus pakkide liftidel on 0,2 kuni 0,5 meetrit sekundis, inimeste liftidel aga mitte üle 0,7 meetri sekundis. Suuremaid kiirusi ei saa tarvitada väikeste, 2,5 kuni 3,0 meetriliste peatusvahede tõttu.

Üheks peanõudeks laevaliftide kohta on nende vaikne töötamine. Suurtel reisijatelaevadel liftid töötavad ööd ja päevad; kuna laeva raudkere juhhib hästi helisid, siis võib nimetatud nõude mittetäitmine paljude ruumide elamiskõlblikkuse küsitavaks muuta. Niipalju kui liftide hundamine oleneb elektromootorist, võib seda kaotada madalate tiirude valikuga, ankru nuutide laiuse ja õhuvahe suuruse kohase valikuga kui ka pooluste otste laiuse ja nuutide arvu kohandamisega, nii et käivitumisel tekiv ulumine täiesti kaob. Peale selle tuleb pöörata suurt tähelepanu lifti mehaanilisele osale, eriti just hammasratastele ja ka pidurmagnetitele, millised sagedasti suure plaksumisega kinni kukuvad. Lifti enese vintsi on ka soovitatav paigutada liftikaevust täiesti eraldatud ruumi.

Liftide mootorid on suuremalt jaolt haruvoolu tüüpi, sest nad omavad kindla kiiruse igasuguse koormatuse juures, mis on eriti tähtis täpsate peatuste saavutamiseks automaatseadiste abil. Suurte kiirendust vajavate masside tõttu mootori käivitusemoment peab olema 2,5 kuni 3,0 korda suurem normaalsest. Peavoolu-mootoreid kasutatakse ainult väikeste, kuni 1 HP võimsusega koormaliftide juures, kus mootorit juhitakse lihtsa ümberlülitajaga ja kus täpis peatumine ei ole nõutav.

Laevaliftide juhtimisviis oleneb nende otstarbest. Inimeste liftid varustatakse harilikult kang-

juhtimise seadisega, mille jaoks on vajalik alaline väljaõpetatud juht. Pakkide ja toidu lifte juhitakse survenuppude abil. Nii ühel kui teisel juhul, s.o. juhtkangi või survenupu käsitamisel, lülitakse sisse vastavad releed, millised käivitavad või peatavad mootori ühes või teises suunas ja seega viivad sõidutooli soovitud kohta. Määratud peatuskohale jõudmisel mootor peatatakse voolu automaatselt väljalülitamisega. Lifti kaevu ukсед käivad kinni automaatselt elektrilise lukustuse seadise abil ja neist on võimalik avada ainult seda, mille kohal tõstetool on peatunud. Iga lift on varustatud peale harilikkude pidurite ka hädapiduriga, milline trossi katkemisel hoiab ära tõstetooli kukkumise.

Nagu kõik ohtlikud seadised vajavad ka liftid perioodilist järelevaatust. Järelevaatusel toimetakse:

- tõstetrossi ülevaatust murdunud kiudude suhtes;
- tigu-ülekannete ja hammasrataste ülevaatust kulumise suhtes;
- pidurite proovimist ja reguleerimist;
- hädapiduri katsetamist, misjuures täielt koormatud tõstetooli kukkumine ei tohi olla üle 200 mm;
- uste lukustuse seadise proovimist;
- kindlaks tegemist, kas mootori kollektor ei sädele või ei soojene üleauruselt.

103. Kraanad. Kaubalaevadel kasutatakse kraanasid ainult siis, kui on laadimise luuke või kohti, millised on kättesaamatud harilikkudele laadimisvintsidele, või kui võrdlemisi sagedasti võetavate väikeste raskuste pärast laadimisvintside igakordne valmisseedmine oleks liiga tülikas või aegaviitev.

Laevakraanade elektriline osa on üldiselt samasugune kui kaldapealseil, ainult osade mehaaniline väljatõõtamine on muidugi täiendatud vastavalt rasketele laeva tingimustele. Kuna kogu elektriline varustus ilma erilise suurema kaitseta kraana aluse külge kinnitatakse, siis see peab olema täiesti veekindel ja muidugi ka küllalise mehaanilise tugevusega. Neil põhjusil katsutakse niipalju kui võimalik loobuda kontaktrõngaste ja harjade tarvitamisest.

Kuna laevakraanade horisontaalne keeramisnurk on harilikult alla 360° , siis voolu juurdetoomine paindivate kaablitega on vastuvõetav. Juhtkangide ehitus ja asetus valitakse, samuti kui vintside juures, niisugused, et nende liikumised oleksid kokkukõlastatud sisselülitavate kraana liikumistega. Arvurikaste mehaaniliste ülekannete ärahoiuks kraana mootori tiirud valitakse võimalikud madalad.

Peale ülalnimetatud tähtsamate abimehhanismide kasutatakse laevadel elektrienergiat veel mitmesuguste teisejärgu tähtsusega masinate ja seadiste käimapanemiseks. Viimastest tuleks nimetada paatide vintse, veekindlate uste sulgemisseadiseid, mitmesuguseid köögimasinaid, tööpinke ja samuti ka kantavaid tööriistu, nagu käsipuurmasinaid ja katlate puhastamise masinaid.

Elektri-roolimasinad.

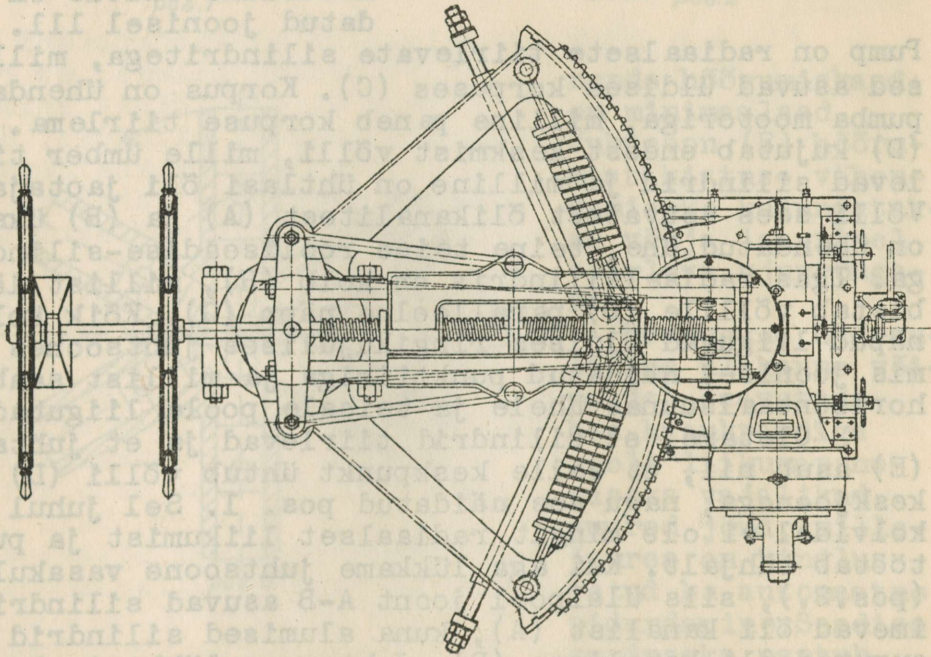
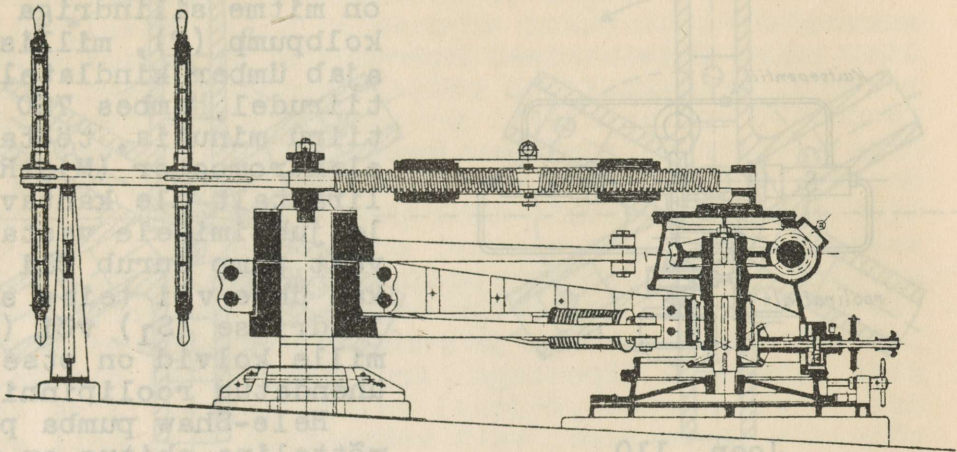
104. Elektri-roolimasinate konstruktsioon. Esimesed elektri-roolimasinad võeti tarvitusele sõjalaevadel enne aastat 1900, kuid need ei suutnud võistelda auru-roolimasinatega, sest puudusid tarvilikud kogemused ja eeltingimused. Otsustava tõuke elektri-roolimasinate arenemisele andis maailmasõja-aegne hoogus allveelaevade ehitamine, sest sukeldunud allveelaeval ei ole kasutada muud energiat, kui elektri-vool ja sellelõttu varustati allveelaevu elektri-roolimasinatega. Hiljem tekkis vajadus elektri-roolimasinate järgi mootorlaevadel, kus igakord ei ole auru abimehhanismide käimapanemiseks tarvilikul määral; samuti turbinlaevadel, kus niipalju kui võimalik katsuti hoiduda kolbmasinate ülesseadmisest, et nende silindrite määrdeained ei rikuks toitevee puhtust. Sellest ajast elektri-roolimasinate konstruktsioon on praktiliste kogemuste varal tunduvalt täienenud, nii et praegu elektri-roolimasinad võistlevad edukalt auru-roolimasinatega ja mõnes suhtes isegi ületavad viimased.

Suuremalt osalt elektri-roolimasinad töötavad samal põhimõttel kui nende eelkäijad, auru-roolimasi-

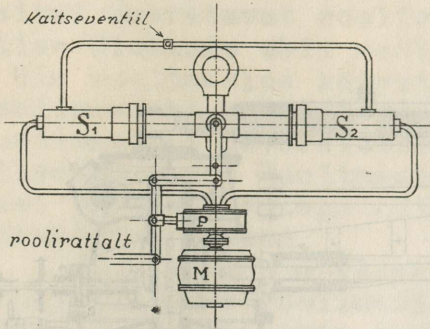
nad, ja selletõttu nende konstruktsioon on peajoon-
tes ühesugune. Vahe on ainult jõumasinas: ühel ju-
hul selleks on aurumasin, teisel - elektromootor.
Mõlemad töötavad n.n. servomootori põhimõttel, kus-
juures roolimasin koos rooliga täpsalt jälgivad
käsitsi keeratavat rooliratast. Ühe- või teisetüü-
bilise ülekande abil rooliratta tiirlemine kantak-
se üle roolimasina käivituseseadisele, milleks auru-
-roolimasinal on differentsiaalsiiber, elektri-
-roolimasinal reversiivreostaat, viies selle välja
nullseisundist. Roolimasin siis stardib, viib rooli
edasi ja ühes sellega viib ka käivituseseadise null-
seisundisse tagasi.

Jõuülekanne elektromootorilt roolile võib olla,
samuti kui auru-roolimasinais, mitut tüüpi. Kauba-
laevadel tarvitatakse teatavasti kõige sagedamini
rooli hammaskvadranti, mis liikuma pannakse tigu- ja
hammasratas-ülekandega. Seesuguse ülekandega elektri-
roolimasin on näidatud joon. 109. Horisontaalse völi-
liga elektromootor ajab ümber tiguühenduse kaudu
vertikaalset völli ühes sellele kinnitatud hammas-
rattaga, milline omakorda on ühendatud kvadranti
hammastega. Käsitsi roolimiseks mootor nihutatakse
eemale nii, et hammasratas tuleb välja kvadranti
hammastest, ja ühendatakse sisse käsiroolimise sea-
dis, mis koosneb kaesuunalise vindiga spindlist ja
sellel liikuvaist mutreist. Peale selle on olemas
veel tagavara-roolipinn. Elektromootorit on hõlpsam
eemale nihutada kui aurumasinat, mille nihutamist
peale muu takistavad torustikud.

Harvemini tuleb ette elektri-roolimasinaid,
millistel jõuülekanne elektromootorilt roolile on
teostatud roolikettidega. Viimast tüüpi jõuülekanne
on iseloomustavam auru-roolimasinaile, kus selviisil
soovitakse hoiduda pikast aurutorustikust ja selles
tekkivatest kadudest, või kus ahtris, võib olla,
puudub auru-roolimasina ülesseadmiseks tarvilik ruum.
Elektri-roolimasinad aga on kogult väiksemad ja
võimaldavad selletõttu hõlpsamini ülesseadmist pii-
ratud ruumesse; teiselt poolt kaod elektrikaablites
on kahtlemata väiksemad pikkade roolikettide hõõru-
miskadudest.



Inglise laevadel leidub sagedasti elektro-
hüdraulilisi roolimasinaid, millistest n.n. Hele-
Shaw tüüp on näidatud joonisel 110. Selle peaosaks



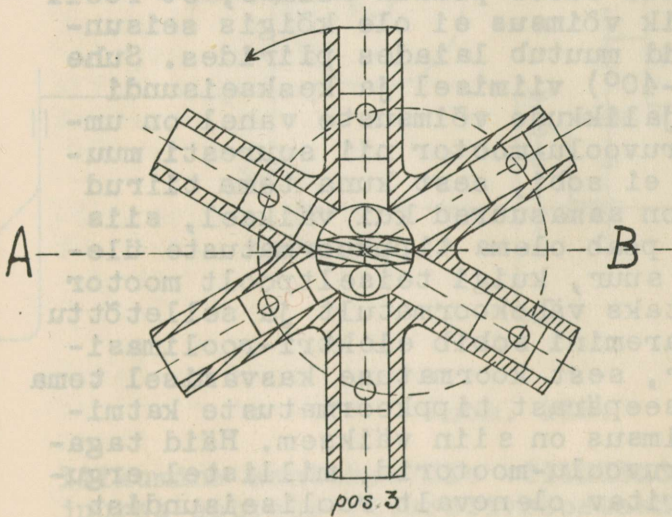
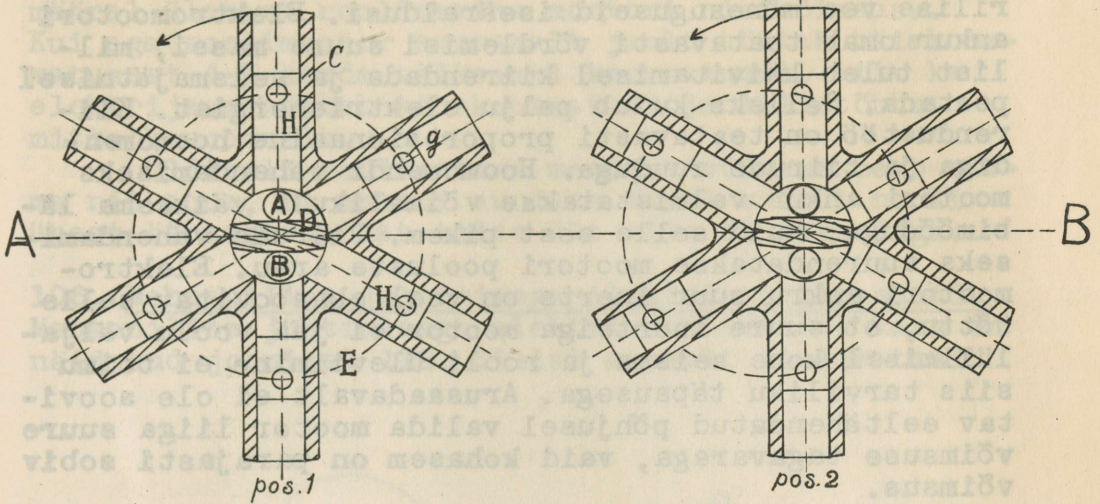
on mitme silindriga kolbpump (P), millist ajab ümber kindlatel tiirudel, umbes 750 tiiru minutis, töötav elektromootor (M). Roolirattalt üle kantavale juhtimisele vastavalt pump surub õli kas ühte või teise silindrisse (S_1) või (S_2), mille kolvid on otse ühendatud roolipinniga.

Joon. 110.

Hele-Shaw pumba põhimõtteline ehitus on näidatud joonisel 111.

Pump on radiaalsete tiirlevate silindritega, millised asuvad üldises korpuses (C). Korpused on ühendatud pumba mootoriga, milline paneb korpuse tiirlema. (D) kujutab endast keskmist võlli, mille ümber tiirlevad silindrid ja milline on ühtlasi õli jaotajaks. Võlli sees asuvatest õlikanalitest (A) ja (B) üks on ühendatud ühe, teine teise rooliseadise-silindriga. Igas radiaalsilindris on kolb (H), millist läbibistab võllile (D) paralleelne näpp (G). Kõik kolvinäpud liiguvad üldises ringikujulises juhtsoones (E), mis joonisel näidatud punktiiriga ja millist saab horisontaalsuunas ühele ja teisele poole liigutada.

Oletame, et silindrid tiirlevad ja et juhtsoon (E) asub nii, et selle keskpunkt ühtub võlli (D) keskjoonega, nagu see näidatud pos. 1. Sel juhul kolvidel ei ole mingit radiaalset liikumist ja pump töötab tühjalt. Kui aga lükkame juhtsoone vasakule (pos.2.), siis ülalpool joont A-B asuvad silindrid imevad õli kanalist (A), kuna alumised silindrid suruvad õli kanalisse (B). Juhtsoone lükkamisel paremale (pos.3) pump töötab vastupidiselt, s.t. imeb kanalist (B) ja surub kanalisse (A). Pumbalt antava õli kvantum oleneb juhtsoone väljalükkamise kaugusest. Kuna kõik kolvid töötavad üleni õlis, siis



Joon. 111.

nende hõõrumiskaod on minimaalsed. Juhtsoon (E) hõõrumistakistuse vähendamiseks kujundatakse välja laagritel tiirleva ujuvrõngana.

Seesugune hüdrauliline ülekanne võimaldab saavutada hea kasukraadiga rooli liikumapanemiseks vajalikud suured jõud, millejuures on kindlustatud ka automaatne pidurdamine. Seadise puuduseks osutub elektromootori ja pumba alaline töö-

tamine, mis ka rooli paigalseismisel energiat kulu-
tab, ja kogu seadise võrdlemisi kõrge hind. Seadise
heaks küljeks on vaikne ja kindel töötamine.

105. Roolimasina mootor. Puhtelektrilise roolimasina elektromootori valikul tuleb arvesse võtta elektrilise veo mõnesuguseid iseäraldusi. Elektromootori ankur omab teatavasti võrdlemisi suure massi, millest tuleb käivitamisel kiirendada ja seismajätmisei peatada. Selleks kulub palju elektrienergiat. Kiirendustöö on teatavasti proportsionaalne hoomomendiga ja tiirude ruuduga. Hoomomendi vähendamiseks mootori ankur valmistatakse võimalikult väiksema läbimõõduga, kuid selle eest pikem. Tiirude vähendamiseks suurendatakse mootori pooluste arvu. Elektromootori ankrude suur inertis on veel ebasoovitav selle tõttu, et suure inertsiiga mootor ei jää voolu väljalülitamisel kohe seisma ja rooli üleviimine ei toimu siis tarviliku täpsusega. Arusaadavalt ei ole soovitatav eeltähtendatud põhjusel valida mootor liiga suure võimsuse tagavaraga, vaid kohasem on parajasti sobiv võimsus.

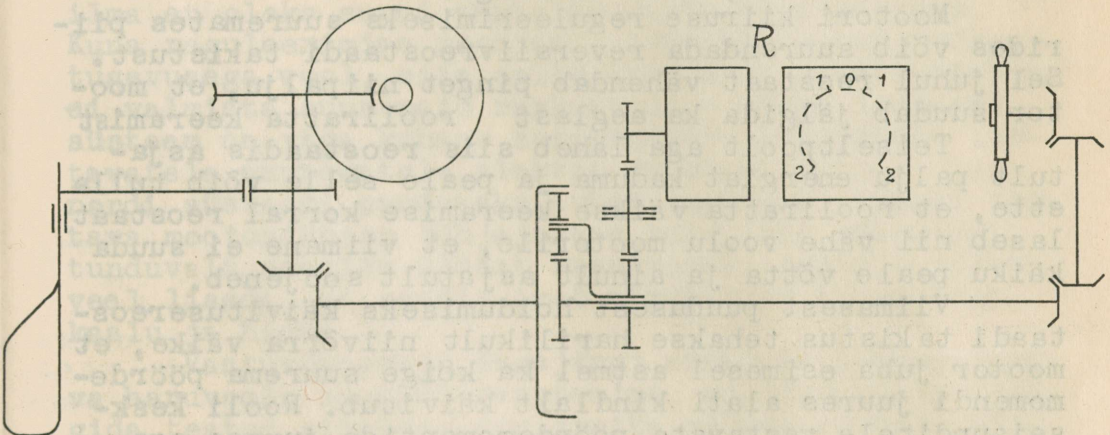
Mis aga puutub roolimasina elektromootori tüüpi, siis selle valikul tuleb pidada silmas, et rooli üleviimiseks tarvilik võimsus ei ole kõigis seisundis ühesuurune, vaid muutub laiades piirides. Suhe ääreseisundisse ($30-40^\circ$) viimisel ja keskseisundi ümber liikumisel vajalikkude võimsuste vahel on umbes 5:1. Harilik haruvoolu-mootor nii suuresti muutuval koormatusel ei sobi, sest kuna tema tiirud suurel koormatusel on samasuured kui väiksel, siis mootori nimivõimsus peab olema tippkoormatuste ületamiseks võrdlemisi suur, kuigi teiselt poolt mootor suuremalt jaolt töötaks vähekoormatult ja selletõttu mitteökonoomselt. Paremini sobib elektri-roolimasinale peavoolu-mootor, sest koormatuse kasvamisel tema tiirud langevad ja seepärast tippkoormatuste katmiseks vajalik nimivõimsus on siin väiksem. Häid tagajärgi annavad ka haruvoolu-mootorid, millistel ergutusevool on reguleeritav olenevalt rooliseisundist või voolutugevusest.

Tippkoormatuste katmine väiksema nimivõimsusega on tähtis mitte ainult roolimasina mootorile, vaid ka laeva elektrijõujaamale, sest laeva turbo- ja mootordünamosid töötavad teatavasti võrdlemisi ökonoomselt ainult siis, kui nende koormatus on vähemalt 60-70% nimivõimsusest. Teiste voolutarvitajatega

võrreldes elektri-roolimasin, on suuremaid ja sel-
letõttu peab elektri-jaama dünamo nimivõimsus teatud
määral ületama roolimasina mootori nimivõimsuse.
Kui aga roolimootor suuremalt jaolt töötab täiskoormatusest 4-5 korda väiksemal koormatusel, siis ka
elektri-jaam töötab vähekoormatult ja selletõttu
mitteökonoomselt.

Üldiselt roolimasina mootori võimsus peab ole-
ma nii suur, et mootor suudaks täiel käigul rooli
ühest ääreseisundist teise üle viia 30 sekundiga.

106. Mehaanilise juhtimisega elektri-roolimasinad.
Mehaanilise juhtimisega elektri-roolimasina kava on
näidatud joonisel 112. Sillal asuvalt roolirattalt



Joon. 112.

liikumine kantakse üle võllüüenduse abil roolimasina
juures asuvale reversiivreostaadile (R), n.n. juht-
lülitajale. Mootor on ühendatud roolikvadrandida
tigu- ja hammasratas-ülekande kaudu. Rooliratta keera-
misel juhtlülitaja keeratakse välja nullseisundist
ja seega lülitakse mootorile vool peale. Mootor hak-
kab tiirlema, keerab rooli soovitud suunas ja viib
ühes sellega ka juhtlülitaja nullseisundisse tagasi.

Käesolev juhtimisviis on samasugune kui auru-

roolimasinatel, kuna ka siin rool jälgib täpsalt käsitsi keeratavat rooliratast. Puuduseks osutub siin asjaolu, et elektromootor ei ole kiiruse muutmise suhtes niivõrra paindub kui aurumasin. Joon. 112 näidatud seadises mootori kiirus oleneb peaaugaltikult reversiivreostaadi väljakeeramise nurgast. Kõige suurema kiiruse mootor omab siis, kui reostaadi kang on täiesti välja keeratud seisundisse 2, kõige väiksema kiiruse - kui kang asub seisundis 1. Reostaadi kangil aga on teatavasti kaks liikumist: üheltpoolt rooliratas viib teda nullseisundist välja, teiselt poolt roolimasin keerab teda nullseisundisse tagasi. Kangi väljakeeramise nurk seega oleneb rooliratta keeramise kiirusest. Juhtub nüüd, et rooliratast keeratakse kiirusega, mis on väiksem mootori kiirusest kangi seisundis 1, siis mootor ei tööta enam ühetaoliselt, vaid vahedega.

Mootori kiiruse reguleerimiseks suuremates piirides võib suurendada reversiivreostaadi takistust. Sel juhul reostaat vähendab pinget niipalju, et mootor suudab jälgida ka aeglast rooliratta keeramist

Teiselt poolt aga läheb siis reostaadis asjatult palju energiat kaduma ja peale selle võib tulla ette, et rooliratta väikse keeramise korral reostaat laseb nii vähe voolu mootorile, et viimane ei suuda käiku peale võtta ja ainult asjatult soojeneb.

Viimasest puudusest hoidumiseks käivituserostaadi takistus tehakse harilikult niivõrra väike, et mootor juba esimesel astmel ka kõige suurema pöördemomendi juures alati kindlalt käivicub. Rooli keskseisunditele vastavate pöördemomentide juures aga tiirleb mootor siis ettelülitud takistusele vaatamata pea täite tiirudega, mis vastab umbkaudselt rooliratta niisugusele kiirusele, millega rool viiakse ühest pardast teise 30 sekundiga. Seesugust suurt kiirust tarvitatakse ainult hädakordadel, kuna normaalsel roolimisel rooliratta keeramise kiirus on 2-3 korda aeglasem. Viimasel juhul aga mootori kiirus ületab kaugelt rooliratta kiiruse ja selle tagajärjel mootor ei tööta enam ühtlaselt, vaid vahedega, sest ta viib rooliratta poolt aeglaselt väljaviidud reostaadi kangi õige ruttu nullseisundisse tagasi. Sellejuures võib ette tulla, et kui rooli, näiteks, edasi viiakse

ühtlaselt kuid aeglaselt 5° võrra, siis mootor 10-20 korda sisse ja välja lülitakse. Teiste sõnadega, mootor ei tööta siis ühtlaselt, vaid tõugetega. Tõugetega töötamine ei ole aga vastuvõetav eeskätt reostaadi enese pärast, sest raske oleks konstrueerida reostaati, mis seesugustes töötingimustes pikemat aega vastu peaks. Peale selle tõugetega töötamine on ebasoovitav nii vooluandjale, s.o. elektrijaamale, kui ka eriti veel roolimasina enese mehaanilisele osale. Vaevalt saaks seesugustes oludes üldse töötada, näiteks, roolikettidega roolimasin. Suuremate võimsuste juures roolimasina kiiruse otstarbekohaseks reguleerimiseks sobib Vard-Leonardi süsteem. Mootorit toidab sel korral eridünamo, mille ergutusevoolu reguleeritakse reversiiv-reostaadiga. Sel viisil reguleeritav mootor suudab jälgida igasugusele rooliratta keeramise kiirusele, ilma et oleks suuri energiakadusid reostaatides. Kuna reguleerimise reostaati läbib ainult nõrga tugevusega vool, siis selle reostaadi konstruktsioon ei valmista suuremaid raskusi ning seega Leonardi süsteem on väga kohane servomootori põhimõttel töötavatele suurematele elektri-roolimasinatele. Leonardi süsteemi puuduseks tuleb lugeda alaliselt töötava mootordünamo tühjakooksu kulu, mis vähendab tunduvalt seadise üldist kasukraadi; sellele tuleb veel lisada, et seadis omab võrdlemisi suure kogu, kaalu ja hinna.

Vastuvõetavaid tagajärgi annab ka reguleeritava haruvoolu-mootori kasutamine, milline suudab jälgida teatud piirides rooliratta mitmesugustele kiirustele, arendab suuri pöördemomente just väikestel kiirustel ja tarvitab voolu ainult töötamisel.

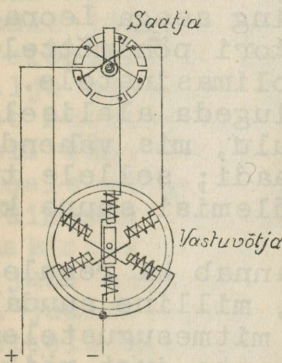
107. Elektriline juhtimise ülekanne. Mehaaniline juhtimise ülekanne omab suuri puudusi, eriti just suuremates laevades. Võllühenduse läbiviimisel tuleb väga sagedasti arvestada vahepealsete ruumide asetust ja iseäraldusi. Reisijatelaevadel, näiteks, leidub ruume, millest võllühendust üldse ei saa läbi viia ja selle tõttu tuleb teha kännakuid, ühendades vahele hammasrattaid ja kardaanühendusi, millised aga omakorda suurendavad teist puudust - tühjakäigu suurust.

Elektriline juhtimise ülekanne on vaba kõiki-dest selletaolistest puudustest. Rooliratast ja roolimasinat ühendab siis voolukaabel, mille ülesseadmine teeb palju vähem raskusi ja milles kaod on ka palju väiksemad kui völlühenduses.

Elektrilistest ülekannetest tutvume kahe tüübiga, nimelt sünkroonülekandega ja takistusülekandega.

Sünkroonülekandes saatja ja vastuvõtja pöörduvad üheaegselt võrdsete või proportsionaalsete nurkade võrra. Seadise puuduseks on asjaolu, et ta võib töötamast lakata, kui saatjat keeratakse kiiremini kui vastuvõtja suudab seda jälgida, peale selle võib voolu väljalülimisel tekkida vahe saatja ja vastuvõtja näidetes. Saatja liiga kiire keeramise ärahoiuks ta varustatakse harilikult sellekohaste vastuabinõudega. Teiselt poolt aga sünkroonseaded, millised ei tööta takistuste kombinatsioonidel, on vähetundelikud pingekõikumiste ja isolatsioonirikete vastu.

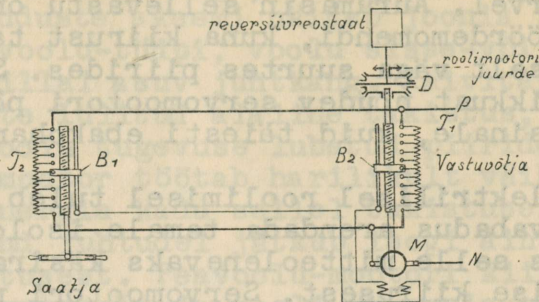
Suuremas osas sünkroonseadistest liikumise ülekanne ei toimu mitte pidevalt, vaid samm-sammult. Samm-sammult toimub liikumise ülekanne ka joonisel 113 näidatud seadises, kus saatkangi keeramisel vastuvõtja ankur liigub ühe poolpaari suunast teise poolpaari suunda 60° suuruste sammude võrra. Kuigi see nurk võib vastata kõigest 1° suurusele rooli teele, on ikkagi arusaadav, et rooliratta aeglasel keeramisel, näiteks, 5° võrra, roolimootor viis korra sisselülitakse, sest vastu-



Joon. 113.

võtja järgneb saatjale peaaegu silmapilkselt. Ka nendes roolimasinates, millised täielikult jälgivad igasugust, s.o.ka aeglast juhtimist, nagu, näiteks, Leonardi süsteemi järgi töötavates, võib sünkroonseadis rooliratta aeglase keeramise muuta mitteühtlaseks.

Takistusülekannetest on üks, - firma Lawrence



Joon. 114.

Scott & Co oma, näidatud joonisel 114. Siin saatja ja vastuvõtja takistused (T_1) ja (T_2) on alaliselt voolu all. Kui harjad (B_1) ja (B_2) on üksteisele vastavates seisundites, siis nende ühendusjuhe ja sellesse lülitatud abimootori ergutusevooluring on vooluta. Vool läbibistab viimaseid ainult siis, kui harjade seisundid ei vasta üksteisele. Siis abimootor (M) hakkab töötama, sest mootori ankrust vool käib läbi alati. Abimootor viib siis vastuvõtja harja saateharjale vastavasse seisundisse ja keerab välja ühes sellega ka roolimasina reversiivreostaadi. Roolimasin hakkab töötama ja rooli keerates viib ühtlasi reostaadi kangi nullseisundisse tagasi.

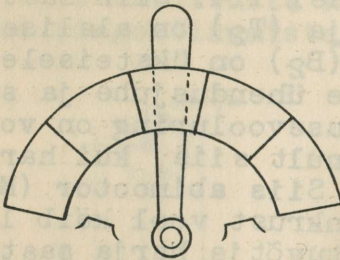
TakistusülekanDED on võrdlemisi tundelikud pingekõikumiste ja isolatsioonirikete vastu. Saatja ja vastuvõtja takistused tarvitavad alaliselt voolu, mille kulu võrreldes kursihoidmiseks tarvismineva vahese energiaga on tähelepanev. Saateosa aeglasel keeramisel ka siin saatja järgneb sellele mitte pidevalt, vaid sammukaupa ühelt kontaktilt teisele.

108. Otsejuhitavad elektriroolimasinad. Eelmised seletused on näidanud, et suuremad raskused elektri-roolimasinates on tingitud just servomootori põhimõtte läbiviimisest. Elektromootor omab iseloomult kindla kiiruse, mille suuruse määravad voolupinge ja magnetivoo

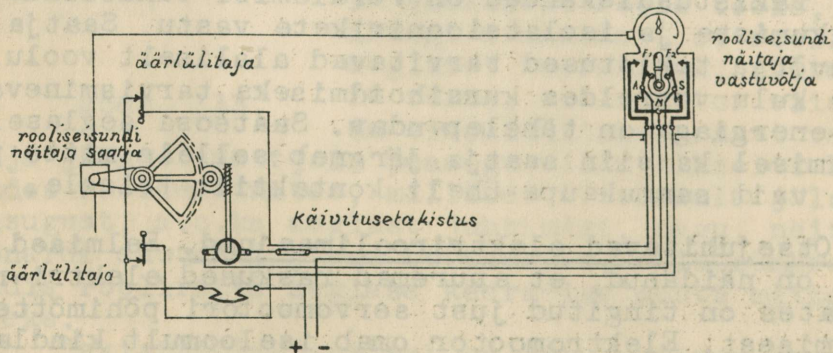
suurus ja mille reguleerimine võib toimuda ainult ökonoomsuse arvel. Aurumasin sellevastu omab iseloomult kindla pöördemomendi, kuna kiirust ta võib muuta nõuetekohaselt väga suurtes piirides. Selletõttu tiirude muutlikkust nõudev servomootori põhimõte on kohane aurumasinale, kuid täiesti ebakohane elektromootorile.

Õigel elektrilisel roolimisel tuleb elektromootorile jätta vabadus arendada temale isoloomulikku kiirust, tehes selle mitteolenevaks käsiratta juhuslikust keeramise kiirusest. Servomootori põhimõttest sellele vastavalt tuleb loobuda. Selle asemel kasutatakse rooliseisundi näitajat, milline harilikult töötab elektriliselt, kannab üle ainult näiteid, mitte jõudu, ja selletõttu omab suurema töötamiskindluse.

Rooliratast asendab sel juhul eriline kang, millist paremale või vasakule keeratakse ja mille sellekohane vedru lahtilaskmisel keskseisundisse tagasi toob. Joon. 115 näitab ühte seesugust juhtkangi. Rooli keeramiseks kang keeratakse välja soovitud suunas ja hoitakse selles asendis, kuni rool jõuab nõutud seisundisse. Keskseisundisse tagasitoomine,



Joon. 115.

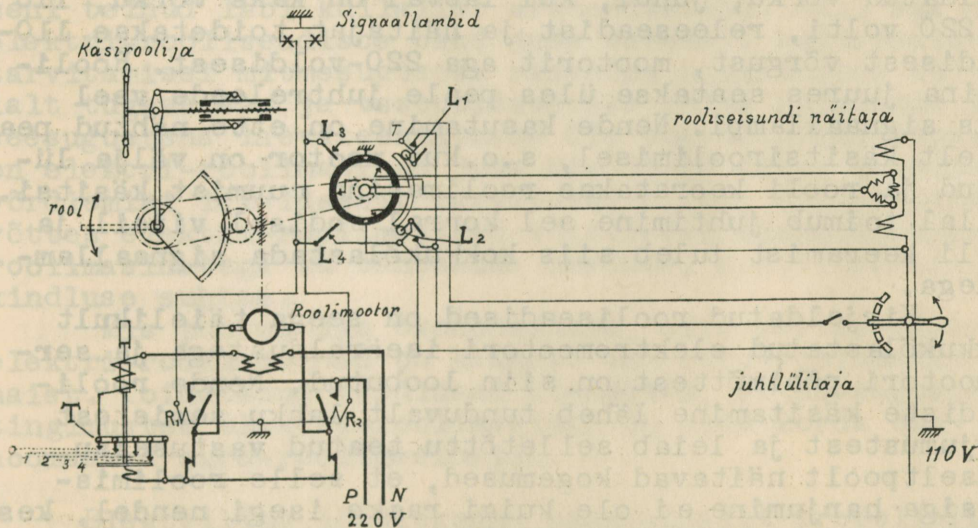


Joon. 116.

'nagu öeldud, toimub automaatselt.

Väikse võimsusega, otsejuhitava elektri-roolimasina ühenduste skeemi näitab joonis 116. Roolimootor on peavoolu-tüüpi, voolu sisse-või väljalülitamist toimetab sillal asuv juhtkang. Käivitaja asemel on mootori ette lülitatud alaline takistus, milline hoiab käivitusevoolu tugevuse lubatud piirides. Kuna kursi hoidmisel mootor töötab harilikult väikse koormatusega, siis energia kadu sellel takistusel ei ole kuigi suur. Teatud juhtudel jätkub isegi ainult voolujuhtmete takistusest. Peavoolu-mootori kiirus kohastub hästi koormatusele ja rooli ääreseisundites mootor arendab tugevaid pöördmomente võrdlemisi mõõduka voolutugevuse juures.

Kui silla ja roolimasina vaheline kaugus on suur, siis pikkade tugevvoolu kaablite ülesseadmine tekitab raskusi ja teiselt poolt tugevvoolu ei tooda üldse heameelega kompassi lähedale. Suurematel laevadel kasutatakse selletõttu sagedasti relejuhtimist. Releede abil otsejuhitava elektri-roolimasina ühe tüübi skeem on näidatud joonisel 117. Mootori ümberlülitamiseks on



Joon. 117.

kaks releed (R_1) ja (R_2), milliseid juhitakse sillalt juhtkangi abil. Mootor on peavoolu-tüüpi ja tema vooluringi on lülitatud käivitusetakistus (T), mida erinev line õlipiduriga varustatud aeglulitaja lühikesele ühendab. Seesugune automaatne kävitaja võimaldab pehme kävitamise ja ühes sellega ka rooli ümberseadmise õige väikeste nurkade võrra, ilma et oleks kartud, et mootor ettelülitud takistuse tõttu igakord ei käivitu. Käivitusetakistuse automaatne lühikesele lülitamine soodustab ökonoomset töötamist, kuna servomootori põhimõttel töötavatel elektri-roolimasinate käivitusetakistus teatavasti pea alati sisselülituks jääb. Juhtkangi asetamisel keskseisundisse ka rool tuleb automaatselt keskseisundisse tagasi. See saavutatakse kahe erilülitaja (L_1) ja (L_2) abil, millised koos lõppülitajatega (L_3) ja (L_4) ja rooliseisundite ülekandjaga on koondatud ühiseks aparaadiks, mis saab liikumise rooli varrelt. Rooliseisundi näitaja töötab takistuserõnga põhimõttel. Sillal näitaja ja juhtkang harilikult monteeritakse ühisele alusele. Isolatsioonivigade mõju vähendamiseks releeseadis ja rooliseisundi näitaja koondatakse erilisse, mootori voolust eraldatud võrku; juhul, kui laeval on kaks võrku, 110 ja 220 volti, releeseadist ja näitajat toidetakse 110-voldisest võrgust, mootorit aga 220-voldisest. Roolimasina juures seatakse üles peale juhtreleede veel kaks signaallampi. Nende kasutamine on ette nähtud peamiselt käsitsiroolimisel, s.o. kui mootor on välja lülitatud ja rooli keeratakse roolimasina ruumist käsitsi. Sillal toimub juhtimine sel korral endisel viisil ja rooli keeramist tuleb siis kokkukõlastada signaallampidega.

Kirjeldatud rooliseadised on seega täielikult kokkukõlastatud elektromootori iseäraldustega ja servomootori põhimõttest on siin loobutud. Nende rooliseadiste käsitlemine läheb tunduvalt lahku senistest harjumustest ja leiab selletõttu teatud vastuseisu. Teiselt poolt näitavad kogemused, et selle roolimisiisiga harjumine ei ole kuigi raske isegi nendel, kes on töötanud aastaid auru-roolimasinatega.

Vurrkompassi tarvitamisel on võimalik neid rooliseadiseid ja kompassi niiviisi sidestada, et roolimine toimub ilma inimabita - automaatselt. Praktika

näitab, et automaatsel roolimisel laev hoiab kurssi palju sirgjoonelisemalt kui käsitsiroolimisel, mis annab kokkuhoidu ajas ja kütteaines.

109. Kokkuvõtte elektri-roolimasinate kohta. Elektri-roolimasinate suureks paremuseks on võimalus kestvalt ja täpsalt kontrollida igas olukorras roolimiseks tarvitatava energia kulu, milline võimalus puudub auru-roolimasinate juures. Elektri-roolimasinate juures pikematel sõitudel mitmesugustes ilmastikuoludes ja muudes tingimustes isekirjutavate mõõduvahenditega ette võetavad mõõtmised annavad kindla pildi ettetu-levate koormatuste ja pingete suurustest. Tegelikult olukorra täpis teadmine aga võimaldab juba projektimisel kõik võimalused ette näha ja tõsta rooliseadise tähtsamat omadust - töötamiskindlust.

Mis puutub roolimasinate töötamiskindlusse, siis on selles suhtes paremad võimalused muidugi auru-roolimasinail, milliste ehitamine ja täiendamine on kestnud juba aastakümneid, kuid ka nende juures tuleb ette tõrkeid. Elektri-roolimasinate iga on tunduvalt lühem ja nende kohastamine rasketele laevatingimustele ei ole seni teinud läbi küllalist arenemiskäiku. Küll aga on elektri-rooliseadiste osad juba varemalt kaldapealsel tarvitamisel mitmesugustes rasketes tingimustes küllalt tugevateks ja vastupidavateks välja kujunenud ja seesugustena laevateenistusse üle võetud. Teiselt poolt on elektri-roolimasinad juba üle 10-15 aasta laevadel võrdlemisi laialdaselt tarvitusel olnud, nii et kokkuvõttes elektri-roolimasinad võistleavad edukalt auru-roolimasinatega ka tähtsaima omaduse, s.o. töötamiskindluse suhtes.

Mis puutub aga ökonoomsusse, siis selles suhtes elektri-roolimasinad on kaugelt ees auru-roolimasinaist. Toimetatud võrdlused tõendavad, et ühesugustes tingimustes elektri-roolimasinad on mitu korda ökonoomsemad auru-roolimasinaist.

Elektriline jõuülekanne peamasinailt propellerile.

Elektrilist jõuülekannet peaturbinitelt või dieselmootoritelt propellerile kasutatakse juba üle paarikümne aasta. Elektrilise jõuülekannde otstarbeks on

parema kasukraadi, parema manöövreerimisvõime ja parema tiirude reguleeritavuse saavutamise. Elektriline jõuülekanne on eriti levinud Ameerika Ühendriikides, kus käesoleva ajani seesuguseid laeva jõuseadiseid on valmis ehitatud koguvõimsusega üle 1 miljoni HP. Kui aga üldiselt võetult laevade elektriline jõuülekanne siiski vähe on levinud, siis oleneb see sellest, et seesugused jõuseadised on raskemad ja kallimad otsese ülekandega peamasinatest ja et elektrilise jõuülekan- de sisseseadmiseks suuremalt jaolt puudub vajadus.

110. Turboelektrilised jõuseadised. Turboelektrilistes jõuseadistes seatakse üles mitu auruturbinid, millised ajavad ringi voolugeneraatoreid, viimased toidavad sõuvõllidele asetatud elektromootoreid. Auruturbinid sellejuures töötavad kõrgetel tiirudel, 2000 kuni 3000 tiiru minutis, millega saavutatakse turbinite väike kogu ja kaal ja kõrge kasukraad. Vool valitakse harilikult vahelduvat tüüpi, pingega 4000 kuni 5000 volti. Propellerite mootorid on madalatiirulised, umbes 120 kuni 300 tiiru minutis, millega saavutatakse jällegi parem propelleri kasukraad. Propelleri mootorid on nii asünkroon-kui sünkroontüüpi.

Tuleb muidugi tähendada, et mehaanilise energia muutmist generaatoris elektrivooluks ja selle uut muutmist elektromootorites mehaaniliseks energiaks saadavad teatud kaod, kuid viimaste protsentuaalne väärtus ei ole suur. Praktika näitab, et 3000 HP võimsusega turboelektrilise jõuülekan- de elektrilise osa kasukraad on umbes 90%, suurematel võimsustel, s.o. 10000 kuni 50000 HP juures isegi 93%.

Elektrilise jõuülekan- de juures peaturbinid on väiksemad ja kompaktsemad. Kuni 18000 HP võimsuseni generaatoreid ümber ajavad turbinid lubavad ennast välja kujundada üheastmelistena, hammasratas-ülekan- de juures turbin aga on alati mitmeastmeline, peale selle on siis möödapäästamatult vajalik eriline tagasikäigu-turbin. Hariliku hammasratas-ülekan- dega turbini tiirud on väga piiratud suurema hammasratta läbimõ- du- ga, mille tõttu ei ole võimalik suurendada turbini tiir- usid hea kasukraadi saavutamiseks tarvilikul määral. Alati kaasa tiirlev tagasikäigu-turbin veel suurendab ka- dusid. Kõigil neil põhjusil turboelektriline jõu-

ülekanne on rohkem kui 10% võrra ökonoomsem hammas-ratas-ülekandest. Turboelektrilise jõuülekande juures võidetakse veel palju laeva ruumi, sest turboagregaatide on võimalik paremini ära paigutada kui völliidega seotud peaturbineid; teiselt poolt jäävad ära pikad völliid.

Turboelektrilise jõuülekande paremused on seeka järgmised:

- 1) suurem üldine ökonoomsus, mis saavutatakse turbinite kõrgemate tiirudega, tagasikäiguturbini ärajäämisega ja aurutihenduste arvu vähendamisega;
- 2) parem manövreerimisvõime ja tiirude reguleeritavus;
- 3) suurem ökonoomsus madalatel võimsustel;
- 4) ruumi võitmine.

Puudusteks on seadise suurem kaal ja hind, milised on 10-15% võrra kõrgemad kui otsese ülekandega peamasinatel.

Turboelektriline jõuülekanne võib tulla ülesseadmisele võimsustel üle 3000 HP iga sõuvölli kohta, kui mitmesuguste laeva kiiruste juures alati on tarvilik saavutada suurimat ökonoomsust käigukuludes, või kui vaatamata väga ebasoodsale ilmastikule alati tingimata on tarvis kinni pidada sõiduplaanist, milleks on vajalik teatud võimsuse tagavara. Otsese ülekandega jõuseadised oleksid viimasel juhul hea ilmaga alati ainult osaliselt koormatud ja selletõttu ei oleks küllalt ökonoomsed. Turboelektrilistes seadistes aga võib seesugusel korral tööle panna ainult osa jõuagregaatidest, s.t. võib, näiteks, ühe agregaadivooluga toita mitut propellerimootorit. Peale liinilaevade kasutatakse turboelektrilist jõuülekanne veel ka tuletõrje-laevadel, kus auruturbineid kasutatakse kaheks otstarbeks, nimelt propelleri ja tuletõrjepumpade ümberajamiseks.

III. Dieseleelektrilised jõuseadised. Veel laialdasmalt kui turboelektrilist kasutatakse viimasel ajal laevadel dieseleelektrilist jõuülekanne. Dieseleelektrilistes seadistes mitu kõrgetiirulist dieselagregaatid toidavad madaltiirulisi propellerimootoreid. Dieseleelektrilise jõuülekande juures kasutatakse hari-

likult alalist voolu; üksikud agregaadid annavad 220 volti ja neid ühendatakse Leonardi skeemi järgi üksteisega järjestikku. Dieselagregaadid arendavad harilikult umbes 250 tiiru minutis, propellerid - umbes 100 tiiru minutis.

Dieselelektrilise jõuülekande paremusteks on:

- 1) vahevõllide ärajäämine, millega võidetakse palju ruumi;
- 2) hea manööverimisvõime;
- 3) peadieselite reversiivseadiste ärajäämine;
- 4) suurem ökonoomsus madalatel võimsustel, sest tarbekorral võib ainult osa peamasinatest tööle panna.

Dieselelektriline jõuülekanne sobib eriti järgmistele laevatüüpidele:

- 1) puuvilja või liha transportlaevadele, kus abimasinate võimsus on suur võrreldes peamasinate võimsusega;
- 2) suurtele järvelaevadele, kus läbisõitmine kitsastest kanalitest nõuab täiesti kindlat manööverimisvõimet;
- 3) parvlaevadele, millised peavad palju manööverima;
- 4) vedurlaevadele;
- 5) tuletõrje-laevadele, millised peavad kiiresti sõitma, kui pumbad seisavad, ja aeglaselt liikuma, kui pumbad töötavad täie jõuga;
- 6) süvendajaile, millised töötavad tingimustes, mis on sarnased tuletõrje-laevade töötingimustele;
- 7) suurtele ujukraanadele, kus otsene õlimasinate vedu on praktiliselt läbiviimatu.

Dieselelektrilise jõuülekande juures propelleri juhtimine otse sillalt on väga lihtis ja painduv. Elektrilise osa kasukraad oleneb seadise võimsusest. 400-500 HP juures ta on umbes 83%, 2000-2500 HP juures aga umbes 88%. Kõiki laeva abimehhanisme võib selles juures toita peageneraatoreist, mis üldist kasukraadi veelgi tõstab.

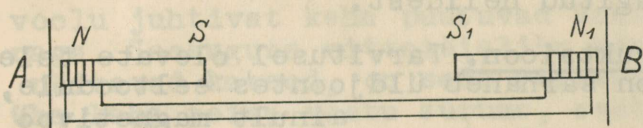
VI. Laeva nõrkvoolu-seadised.

T e l e f o n .

112. Telefoni põhimõte. Telefoniks nimetatakse seadist, mis võimaldab kõne ja helide edasiandmise elektromagnetilisel teel. Üleandmise võimalus põhjeneb sellel, et saatekohas helilainete energia muudetakse elektriliseks energiaks, kuna sihtkohas, ümberpöörduvalt, elektriline energia muudetakse helilaineteks.

Telefoni leiutas šotlane Graham Bell. Belli telefoni skeem on näidatud joonisel 118. See telefon

koosneb kahest teras-magnetist, milliste N poolustele on asetatud mähised. Mähiste otsad on omavahel ühendatud ühenduse juhtmetega.



Joon. 118.

Magnetite N pooluste ette on asetatud õhukesed raudlehed, n.n. membraanid, millised on äärtel kinnitatud joonisel mittenäidatud raamikestesse.

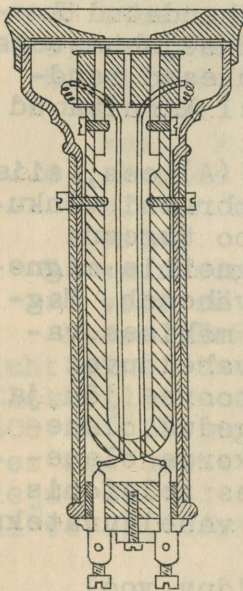
Kui räägime ühe membraani, näiteks (A) ees, siis helilainete mõjul see hakkab võnkuma. Membraani võnkumiste vältusel mähist läbistava magnetivoo tugevus järjest muutub: membraani lähenemisel magnetile magnetivoo suureneb, membraani kaugenemisel väheneb. Magnetivoo muutumise tagajärjel indutseerub mähises vahelduv elektromotoorne jõud, mis saadab vahelduvat voolu teise magneti mähisesse. Elektromotoorse jõu ja järelikult ka voolutugevuse suurus ja sagedus olenevad membraani võnkumistest, millised omakorda olenevad helilainete iseloomust; seega esimeses telefonis helilained muudetakse nendele sarnasteks vahelduvateks vooludeks.

Teise magneti mähist läbistav vahelduv vool muudab selle magnetivoo tugevust. Ühes suunas läbi voolates, vool suurendab magnetivoo, teises suunas,

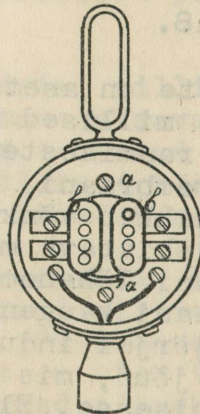
ümberpöörduvalt, vähendab seda. Magnetivoo suurenemisel vetruv membraan tõmbub elektromagnetile lähemale, magnetivoo vähenemisel membraan läheb vetruvuse tõttu esialgsesse seisundisse tagasi. Eelmisest nähtub, et kui mähist läbistavad esimesest telefonist tulevad vahelduvad kõnevoolud, siis teise telefoni membraan hakkab võnkuma vastavalt nende voolude tugevusele ja sagedusele ning tekitab helilaineid ehk teiste sõnadega, teeb kuuldavaks esimese membraani ees räägitud kõne.

Tuleb kohe tähendada, et teises telefonis vastu võetud helide tugevus on palju väiksem esimese telefoni sisse räägitud helide tugevusest isegi siis, kui telefonide vaheline kaugus ei ole suur. Helide muutmist elektrienergiaks ja tagasi helideks saadavad suured kaod, nii et kuulaja kõrva jõuab ainult väike osa saatetelefonisse räägitud helidest.

113. Telefoni konstruktsioon. Tarvitusel olevate telefonide konstruktsioon sarnaneb üldjoontes eeltoodule,



Joon. 119.



Joon. 120.

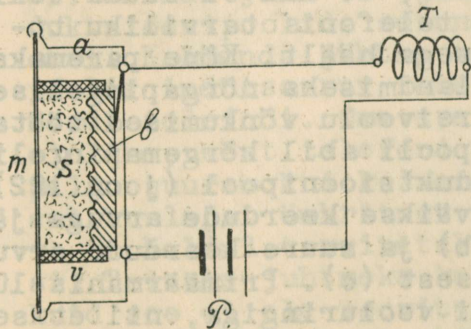
ainult magnetivoo tugevuse tõstmiseks kasutatakse mitte sirgeid vaid hobuserauakujulisi magneteid. Vanemaid tüüpe, n.n. Belli telefon on näidatud joonisel 119. Terasmagnet on sellel hobuserauakujuline. Pehmest rauast südamekele asetatud mähised on kinnitatud poolustele pikisuunas. Mähised on ühendatud järjes- tikku ja nende otsad tulevad välja käepideme otsale.

Elektromagnetite vastas seisev raudmembraan kinnitatakse kohale trehtrikujulise eboniitkaanega. Uuemat tüüpi, n.n. kulptelefon on näidatud joonisel 120. Püsivmagnetid

(a,a) on siin poolrõngakujulised. Elektromagnetite poolid (b,b) on asetatud püsivmagnetite pooluste külgedele. Püsivmagnetid valmistatakse volframterasest, elektromagnetite südamikud ja membraanid pehmet rauast. Mähiste takistus kõigub 20-60 oomi ümber.

114. Mikrofoni põhimõte ja konstruktsioon. Elektromagnetiline telefon, nagu nägime, võib olla nii helide saatjaks kui ka vastuvõtjaks, kuid praegu teda kasutatakse ainult vastuvõtjana ehk n.n.kuuldetoruna. Saatjatena ei kasutata telefonisid sellepärast, et nendes indutseeruvad voolud on õige nõrgad ja vastuvõtjani jõudev hääl samuti õige nõrk. Saatjatena kasutatakse praegu n.n.mikrofonisid.

Mikrofoni tegevus põhjeneb n.n.mittetäieliku kontakti nähtel, mis ilmsiks tuleb siis, kui kaks voolu juhtivat keha puutuvad kokku ainult väikse pinnaga. Seesuguse mittetäieliku kontakti takistus, nagu näitavad katsed, on seda väiksem, mida tugevamini ühe keha teise vastu surume, sest siis surve mõjul kasvab ka puutumise pind. Surve vähendamisel takistus uuesti suureneb. Eriti tundelik surve muutumise vastu on mittetäielik kontakt kahe juhtiva plaadi vahele asetatud söepuru osakeste või söekuulikeste vahel. Kui ühendame need plaadid vooluallika näpitsatega, siis võime veenduda, et plaatide õige väiksel kokkusurumisel takistus tunduvalt väheneb ja voolutugevus tõuseb, surve vähendamisel, ümberpöörduvalt, takistus suureneb ja voolutugevus väheneb.



Seesugusel põhimõttel töötav mikrofoni on harilikult kapslikujuline (joon.121). Vaskkapslisse (a) on asetatud kapsli korpussest isoleeritud söeketas (b), söemembraan (m) ja viltrõngas (v); mis ümbritseb söepuru (s). Söeketas on ühendatud ühe voolukontaktiga, membraan teiselega. Lihtsaimas lülituses mikrofoni on järjes-

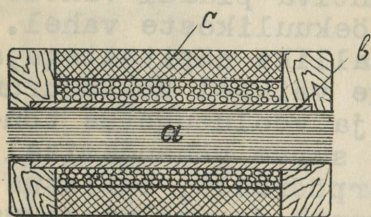
Joon. 121.

tikku telefoniga (T) ja ühest või kahest elemendist koosneva patareiga (P). Niisugusel juhul mikrofone ja telefoni läbib püsiva tugevusega vool. Niipea aga kui mikrofonisse midagi räägitakse, selle membraan hakkab võnkuma ja avaldab muutlikku survet söepurule, mille tõttu mikrofone takistus kui ka voolutugevus hakkavad helilainetele vastavalt võnkuma. Voolutugevuse võnkumine kutsub esile telefoni membraani võnkumise ja viimane tekitab häält.

Söepuruga mikrofone paheks on see, et söepuru võib niiskuda ja kokku kleepuda. Söekuulikestega mikrofon, mis konstruktsioonilt läheb vähe lahku eelkirjeldatust, on vaba sellest puudusest.

On arusaadav, et mikrofon võib olla ainult helide edasiandjaks, ja seepärast iga aparaat peab olema varustatud nii mikrofoniga kui ka telefoniga. Meil tarvitusel olevates aparaatides mikrofon ja telefon on harilikult kokku monteeritud n.n.mikrotelefoniks.

115. Induktsioonipool. Kuigi mikrofone ja patarei tarvituselevõtmine teeb helide edasiandmise palju tugevaks kui see oli kahe telefoni otseühenduse korral,

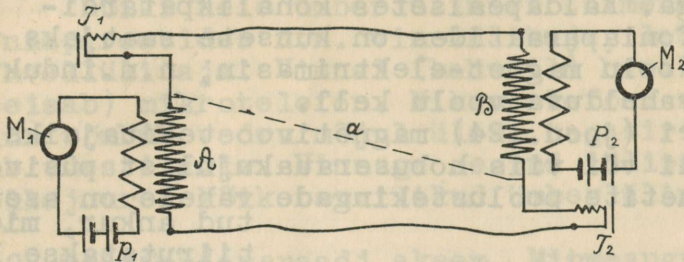


Joon. 122.

siiski telefoni otseühendus patareiga võimaldab kõne edasiandmist ainult väiksele kaugusele - umbes 1,5 - 2 km. Kauguse edaspidisel suurendamisel vooluringi takistus kasvab ja vooluvõnked jäävad nii nõrgaks, et nad ei suuda tekitada telefonis tarviliku tugevusega häält. Kõne paremaks edasiandmiseks nõrgapingelise patareivoolu võnkumised tööta-

takse ümber n.n.induktsioonipooli abil kõrgemapingeliseks vahelduvaks vooluks. Induktsioonipool (joon.122) koosneb raudsüdamikust (a), väikse keerdude arvuga jämedast (primäär-) mähisest (b) ja suure keerdude arvuga peenest (sekundäär-) mähisest (c). Primäärmähis lülitakse järjestikku mikrofone vooluringiga, nii et seda läbib alaline kuid võnkuva tugevusega vool. Sekundäärmähises indutseeruv vahelduv vool juhitakse telefonisse.

116. Kahe telefoniaparaadi ühendus. Joonisel 123 on näidatud kahe telefoniaparaadi ühenduse skeem.



Joon. 123.

Siin (A) ja (B) on induktsioonipoolid, (M_1) ja (M_2) mikrofonid, (T_1) ja (T_2) telefonid, (P_1) ja (P_2) patareid. Kui näiteks, räägi-

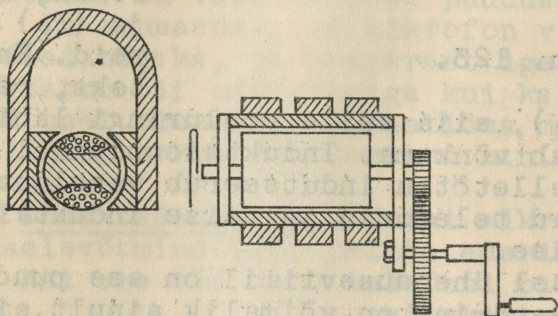
takse mikrofoni (M_1), siis selle vooluringi läbistava voolu tugevus hakkab võnkuma. Induktsioonipooli (A) sekundäärühises selletõttu indutseerub vahelduv vool, mis läbistab mõlemad telefonid ja teise induktsioonipooli sekundäärühise.

Kahejuhtmelisel ühenduseviisil on see puudus, et helide korralik üleandmine on võimalik ainult siis, kui aparaadid asuvad vaikes kohas, sest aparaadi lähedal tekitatud hääled ja müra kutsuvad välja telefonides voolud ja segavad seega vastuvõtmist. Seepärast laevadel, kus telefonisid tuleb asetada mürarikastesse ruumidesse, nagu masina- ja katlaruumidesse, tarvitatakse mõnikord ka kolmejuhtmelist ühenduseviisi. Kolmas juhe (a -joon.123) ühendab sel korral induktsioonipoolide sekundäärühiste telefonidepoolseid otsi. Kolmanda juhtme tõttu ühe aparaadi induktsioonipoolis indutseerub vahelduv vool läheb otse teise aparaadi telefoni. Oma aparaadi telefoni voolu pea sugugi ei lähe, sest telefoni ja sekundäärühise takistus on palju suurem kui kolmanda juhtme takistus. Sel põhjusel kuulajat ümbritsev müra ei kajastu tema telefonis.

Kaldal tarvitatakse kahejuhtmelist ühenduseviisi. Teiseks juhtmeks kasutatakse mõnikord maaühendust, kuid see ei ole soovitatav, sest maa seest telefonide vooluringi sattuvate kõrvaliste voolude mõjul kõne edasiandmine halveneb.

117. Kutsete saatmine ja vastuvõtmine. Peale joonisel 123 näidatud osade, s.o. mikrofoni, telefoni, induktsioonipooli ja patarei, iga telefoniaparaat peab olema varustatud kutsete saatmise ja vastuvõtmise abinõudega. Kaldapealsetes kohalikpatareisüsteemi telefoniaparaatides on kutsete saatjaks väike vahelduva voolu magnet-elektrimasin, n.n. induktor, vastuvõtjaks vahelduva voolu kell.

Induktori (joon.124) magnetivoo tekitajaiks on harilikult neli või viis hobuserauakujulist püsivmagnetit. Magnetite poolustekingade



Joon. 124.

vahele on asetatud ankur, mida tiirutatakse kätsi hammasraste kaudu. Ankrusüdamik on T-kujuline, ankru-mähis on mähitud südamikule pikisuunas. Induktoritelt antava vahelduva voolu pinge on 40-60 volti, sagedus 15 hertsi. Iga induktor omab ka seadise, mis pai-

galseisva ankru mähise lühikesele lülleb.

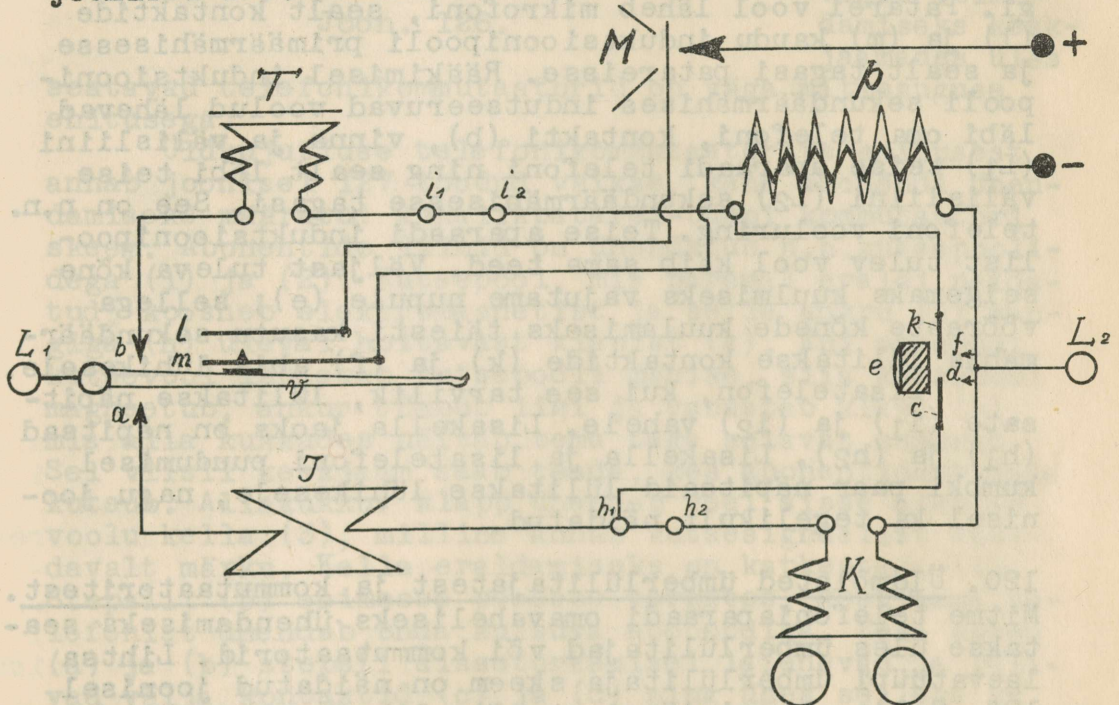
Laevatelefonides tarvitatakse väljakutseks akkumulaatoritelt toidetavaid alalise voolu kellasid. Kui ühe aparadi juures vajutame vastavale nupule, siis teise aparadi kell hakkab kõlisma ja annab märku kõne algusest.

118. Vinn- ja kahvellülitajad. Ooteseisukorras peab olema liinidega ühendatud kutsete seadis, s.t. kell ja induktor või patareivooluga kutsumise nupp. Rääkimisel aga, nagu nägime, peavad olema liinidega ühendatud telefon ja induktsioonipooli sekundäärühis. Peale selle elementide või akkumulaatorite asjatu tühenemise ärahoiuks on tarvilik, et mikrofoni vooluring ainult rääkimise kestuseks sisse lülitaks. Kõne alul, järelikult, on tarvis kutsete seadis välja lüüda, telefoni vooluring liinidega ühendada ja mikro-

foni vooluring sisse lülida. Kõne lõpul, ümberpöör-
dult, on tarvis telefoni vooluring välja lülida, kut-
sete seadis liinidega ühendada ja mikrofoni voolu-
ringis vool katkestada.

Kõiki neid ümberlülitamisi toimetab seinatele-
foniaparaatides n.n. vinnlülitaja, laua-aparaatides
kahvellülitaja. Vinnal (kahvlil) harilikult ripub
(seisab) mikrotelefon. Mikrotelefoni mahavõtmisel
vinn tõmbub vedru mõjul üles, tagasiriputamisel las-
kub uuesti alla. Vinnaga seotud lülitajad toimetavad
sellejuures kõik tarvilikud ümberlülitamised.

119. Telefoniaparaadi skeem. Mitmesugustest telefoni-
aparaatide skeemidest toome siin ühe, mis näidatud
joonisel 125. Üksikosad on siin tähistatud järgmiselt:



Joon. 125.

(M) - mikrofoni, (T) - telefon, (J) - induktor, (p) -
induktsioonipool, (K) - vahelduva voolu kell ja
(v) - vinn. Teise aparadi väljakutseks jätame mikro-

telefoni vinnale ja tiirutame induktorit. Induktori vool läheb läbi kella välisliini (L_2), väljast tuleb tagasi mööda teist liini (L_1) ja sealt tagasi induktorisse. Sama teed käib ka väljast tulev vool. Kui kedagi kutsudes soovime, et meie oma kell ei kõliseks, siis vajutame kutsumise ajal nupule (e). Sellega ühenduvad kontaktid (c) ja (d), millised lüüvad kella lühikesele. Kirjeldatud vooluringi, mis koosneb välisliinist, induktorist, kellast ja teisest välisliinist, nimetatakse kella vooluringiks.

Peale kutsumist võtame rääkimiseks mikrotelefoni vinnalt. Vedru mõjul vinn tõmbub üles, kontakt (a) lülitakse välja ja vinn ühendub kontaktiga (b). Peale selle ülestõmbuv vinn surub kokku kontaktid (l) ja (m) ja ühendab seega sisse mikrofoni vooluringi. Patarei vool läheb mikrofoni, sealt kontaktide (l) ja (m) kaudu induksioonipooli primäärmähisesse ja sealt tagasi patareisse. Rääkimisel induksioonipooli sekundäärmähises indutseeruvad voolud lähevad läbi oma telefoni, kontakti (b), vinna ja välisliini (L_1) teise aparadi telefoni ning sealt läbi teise välisliini (L_2) sekundäärmähisesse tagasi. See on n.n. telefoni vooluring. Teise aparadi induksioonipoolist tulev vool käib sama teed. Väljast tuleva kõne selgemaks kuulmiseks vajutame nupule (e); sellega võõraste kõnede kuulamiseks täiesti kasutu sekundäärmähis lülitakse kontaktide (k) ja (f) abil lühikesele.

Lisatelefon, kui see tarvilik, lülitakse näpitsate (i₁) ja (i₂) vahele. Lisakella jaoks on näpitsad (h₁) ja (h₂). Lisakella ja lisatelefoni puudumisel kumbki paar näpitsaid lülitakse lühikesele, nagu joonisel ka tegelikult näidatud.

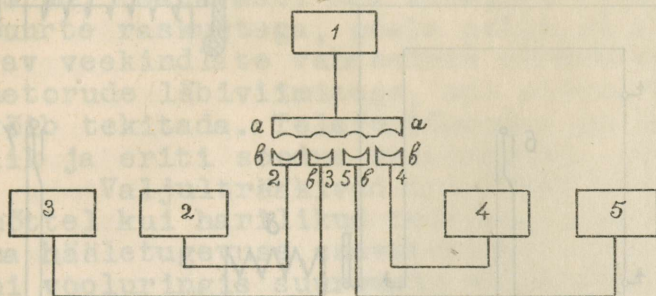
120. Üldmõisted ümberlülitajatest ja kommutaatoritest.

Mitme telefoniaparadi omavaheliseks ühendamiseks seatakse üles ümberlülitajad või kommutaatorid. Lihtsa laevatuüpi ümberlülitaja skeem on näidatud joonisel 126. Selle skeemi järgi on võimalik ühendada aparadi (1) ükskõik millise teise aparadiga. Ümberlülitaja koosneb pikast kontaktist (a) ja lühikestest kontaktidest (b), milliseid ühendatakse kontaktstiftiga.

Suurema arvu telefoniaparadi omavahelise ühendamise võimaldamiseks nad kõik ühendatakse kesk-

jaamaga, kus ühendusi antakse vastavalt väljendatud soovidele. Keskjaamal, järelikult, peab olema võimalus rääkida ükskõik mis-

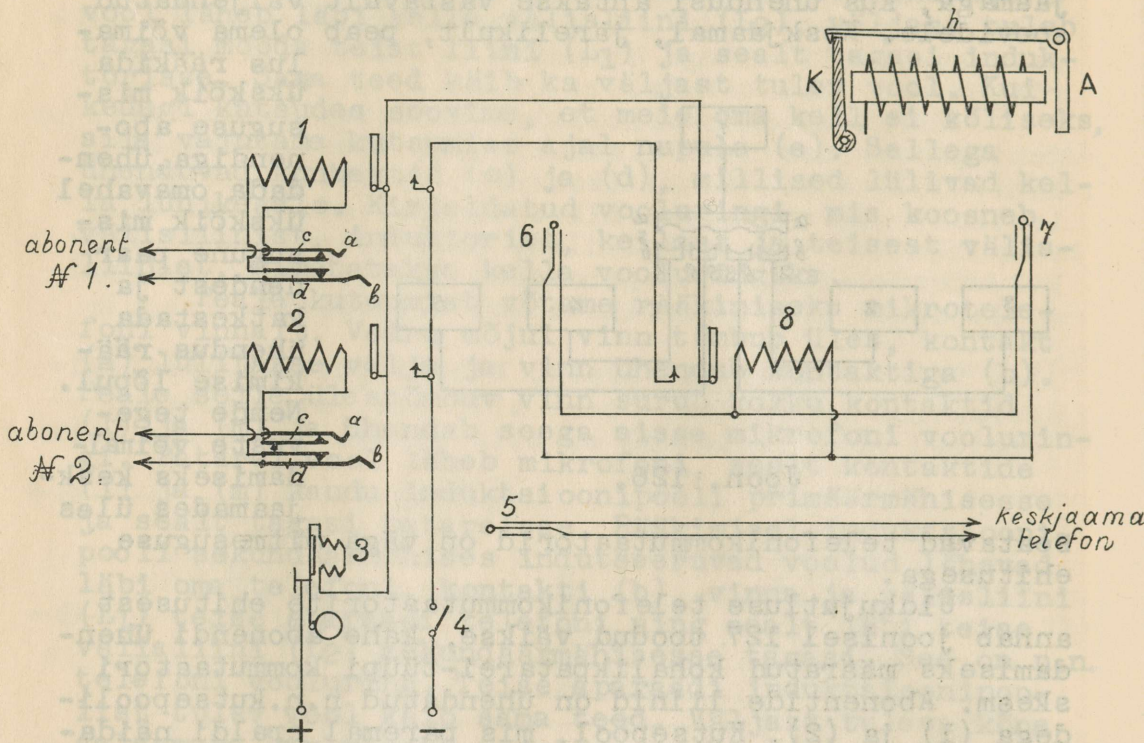
suguse abonendiga, ühendada omavahel ükskõik mis-sugune paar nendest ja katkestada ühendus rääkimise lõpul. Nende tegevuste võimaldamiseks keskjaamades üles



Joon. 126.

seatavad telefonikommutaatorid on väga mitmesuguse ehitusega.

Üldkujutluse telefonikommutaatorite ehitusest annab joonisel 127. toodud väikse, kahe abonendi ühendamiseks määratud kohalikipatari-tüüpi kommutaatoriskeem. Abonentide liinid on ühendatud n.n.kutsepoolidega (1) ja (2). Kutsepool, mis paremal eraldi näidatud, koosneb elektromagnetist ja selle ankru (A) kangiga (h) üleval hoitavast klapist (k). Kui abonendi kutsevool läbib kutsepooli mähise, siis kutsepool magneetub, ankur tõmbub ligi ja vabastab klapi (k), mis alla kukkudes näitab tema taga seisvat numbrit. Sel viisil keskjaam saab teada, kes abonentidest teda kutsub. Allakukkuv klapp ühendab veel sisse alalise voolu kella (3), milline annab kutsesignaalist kuuldavalt märku. Kella eraldamiseks on katkestaja (4). Stepslit (5) esimesse pesasse torgates, keskjaama telefonist ühendab enda kutsuva abonendiga. Pesa ääred (a) ja (b) stepsli sissetorkamisel laienevad ja lüüvad välja kontaktid (c) ja (d) ning ühes sellega ka kutsepooli. Kutsuv abonent ütleb keskjaamale soovitava numbrit, keskjaama telefonist saadab sellele kutsesignaali ja ühendab sellega kutsuja. Ühendamiseks kahe stepsliga ühendusenööri stepslid (6) ja (7) torgatakse abonentide ühendusepesadesse. Kõne lõpul abonent asetab mikrotelefoni vinnale ja annab lahutusesignaali,



Joon. 127.

keerates selleks järsult poolringide kaupa 3-4 korda induktori vänta. See võrdlemisi tugev vool käib läbi eraldusepooli (8), mille klapp kukub alla ja annab keskjaama telefonistile märku kõne lõpust. Selle järel telefonist tõmbab stepslid pesadest välja ja katkestab seega ühenduse.

Kirjeldatud kommutaatori juures toimetas kõiki ühendamisi, kutseid ja lahutamisi keskjaama telefonist. Vastandiks sellele on viimasel ajal kaldal järjest rohkem tarvitusele võetavad automaatsed keskjaamad, millised töötavad ilma inimabita, automaatselt.

121. Laevatüüpi telefoniseadised. Telefonisid kasutatakse laevadel praegusel ajal võrdlemisi palju. Eeskätt tuleb nimetada valjulträäkivaid telefonisid,

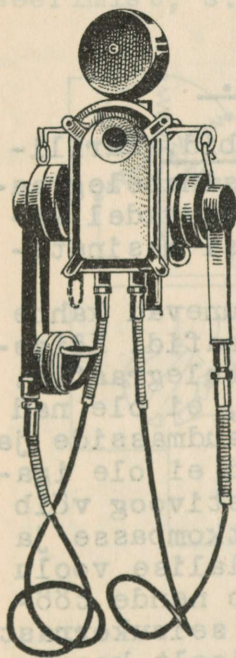
milliseid kasutatakse laeva juhtimisel käskude edasiandmiseks ja millised uematel laevadel on suuremalt jaolt välja tõrjunud varemalt tarvitusel olnud kõnetorud. Teatavasti hea kõnetoru ülesseadmine on seotud suurte raskustega, peale selle ei ole kuidagi soovitatav veekindlate vaheseinte nõrgestamine jämedate kõnetorude läbiviimisega, mis avarii korral suurt ohtu võib tekitada. Telefoniühendus on lihtsam, vähem ohtlik ja eriti soodus kasutamiseks suurematel kaugustel.

Valjulträäkivad telefonid töötavad samal põhimõttel kui harilikud telefoniaparaadid, ainult suurema hääletugevuse saavutamiseks tarvitatakse mikrofonivooluringis suuremaid voolutugevusi, kuni 12 volti ja 0,3 amprit, suuremaid membraane ja tugevamaid magnetivooge. Nende aparaatide hääletugevus on nii suur, et kõne on arusaadav isegi mõne meetri kaugusel aparaadist. Rasketele laeva tingimustele vastavalt aparaadid on väga soliidse konstruktsiooniga ja täiesti veekindlad. Kutseks tarvitatakse harilikult alalise

voolu kella, mida toidab, samuti kui mikrofonivooluringi, akkumulaatoripatarei. Mikrofon ise on ka täiesti veekindel. Vee sattumine mikrofonitorusse ei tohi mikrofonivigastada. Mirarikastes ruumides asuvad aparaadid varustatakse harilikult kahe telefoniga, et rääkijal oleks võimalik mõlemaid kõrva müra eest sulgeda.

Tüübiline laeva valjulträäkiv telefoniaparaat on näidatud joonisel 128.

Laeva juhtimisel kasutatavad telefonid jagatakse üksikutesse gruppidesse, umbes 3-5 aparaati grupis. Need grupid, näiteks, võivad olla järgmised: sillalt ankruspilli juurde, roolimasinasse ja peamasinatesse; masinaruumist üksikutesse katlaruumidesse ja vanema inseneri kajutisse j.n.e. Sõjalaevadel peale selle on veel eraldi grupid kahurite ja torpedoaparaatide juhtimiseks. Kõik



Joon. 128.

need grupid on harilikult korraldatud nii, et juhtimisekoha, näiteks komandosilla, aparaadi juures asub ümberlülitaja, mille abil seda aparaati saab ühendada iga teise sellesse gruppi kuuluva aparaadiga. Kõrvaliste aparaatide omavaheline ühendamine harilikult ei ole võimalik. Ümberlülitaja konstruktsioon on umbkaudselt sama tugev ja veekindel kui telefoniaparaatidel enestel.

Peale selle kasutatakse veel telefonisid suurematel laevadel eluruumidevahelisteks ühendusteks. Eluruumidesse veekindlaid aparaate ei ole tarvis, seal kasutatavad aparaadid ja ümberlülitajad sarnanevad suurel määral kaldapealsetega; ainult nende sisemised osad, nagu mähised, kontaktid ja isoleerained, valmistatakse tugevamad ja vastupidavamad. Seesuguste aparaatide toitevool on võrdlemisi nõrk, mille tõttu nendes saab kasutada kuivelemente. Telefonide juhtmestik on harilikult kummiga isoleeritud tinakaablitest; üksikute soonte läbimõõt on 1 kuni 1,5 mm².

Elektrilised masinatelegraafid.

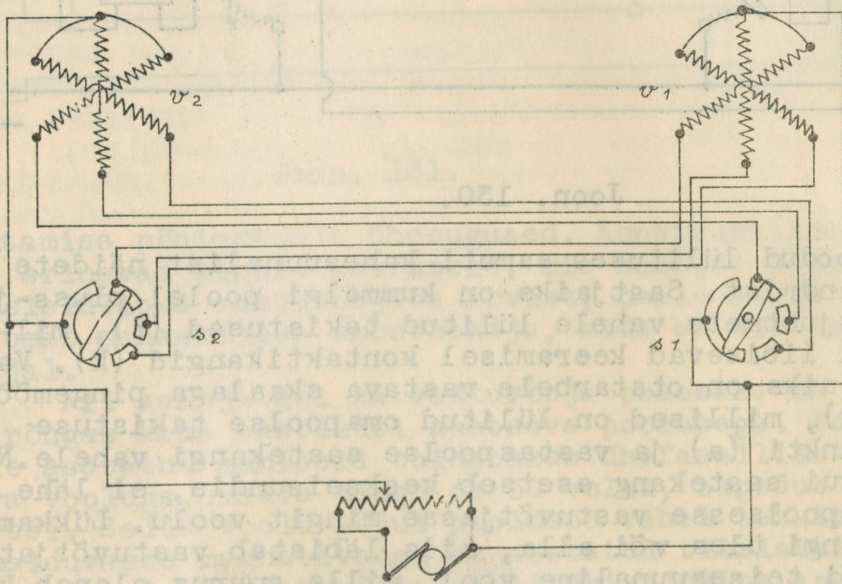
122. Elektriliste masinatelegraafide tüübid. Harilikult kasutatakse laevadel mehaanilisi masinatelegraafe. Sõjalaevadel ja suurematel reisijatelaevadel kasutatakse viimaste kõrval veel elektrilisi masinatelegraafe.

Elektrilised masinatelegraafid jagunevad kahte liiki: alalise ja vahelduva voolu telegraafid. Kõigepealt ilmusid tarvitusele alalise voolu telegraafid. Omades võrdlemisi lihtsa konstruktsiooni, ei ole nad siiski vabad mõnesugustest puudustest. Raudmasside ja tugevvoolujuhtmete läheduses nende näited ei ole igakord küllalt täpsad, nendest hoovav magnetivoog võib ebasoodsal ülesseadmisel mõjustada magnetkompassse ja otsene ühendus laeva vooluvõrguga, mis alalise voolu telegraafides sagedasti läbi viidud, teeb nende töötamise sõltuvaks laevavõrgu isolatsiooniseisukorrast. Vahelduva voolu masinatelegraafid on üldiselt keerukama ehitusega, nii, näiteks, vajavad nad peale saate- ja vastuvõtte-aparaatide veel erilist umformerit, mil-

line töötab ümber laeva alalise voolu seadisele vahelikuks vahelduvaks vooluks. Selle eest aga vahelduva voolu aparatuuridel näited on üldiselt täpsemad, nad ei mõjosta kõrvalseisvaid magnetkompassse ja nende vooluring on täiesti eraldatud üldisest laevavõrgust.

Alljärgnevalt on toodud mõnede elektriliste näidete-ülekanndjate kirjeldus, milliste põhimõttel töötavad elektrilised masinatelegraafid kui ka mitmesugused muud laevadel tarvitataavad näidete-ülekanndjad, nagu, näiteks, rooliseisundi näitajad.

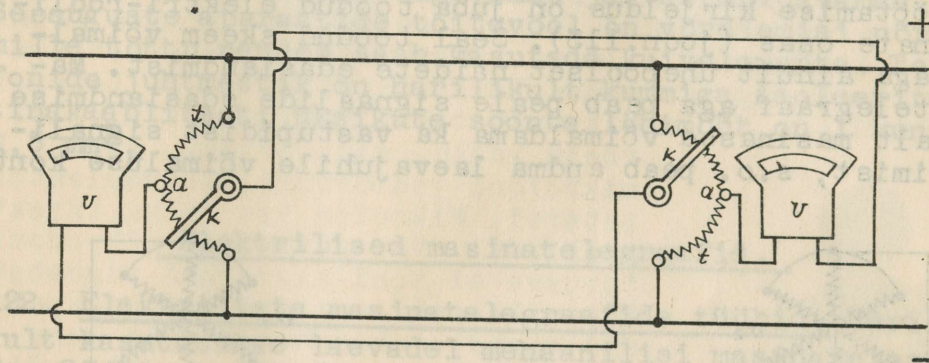
123. Alalise voolu näidete ülekanndjad. Ühe alalise vooluga töötava näidete-ülekanndja põhimõtteline skeem ja töötamise kirjeldus on juba toodud elektri-roolimasinate osas (joon.113). Seal toodud skeem võimaldab aga ainult ühepoolset näidete edasiandmist. Masinatelegraaf aga peab peale signaalide edasiandmise sillalt masinasse võimaldama ka vastupidist signaalseerimist, s.o. peab andma laevajuhile võimaluse kont-



Joon. 129.

rollida, kas tema signaalid on masinaruumis õieti vastu võetud. Selleks (joon. 129) seatakse üles kummassegi kohta, s.o. sillale ja masinaruumi, nii saatjad kui ka vastuvõtjad, nii et silla saatja (s_1) mõjustab masinaruumi vastuvõtjat (v_2) ja masinaruumi saatja (s_2) silla vastuvõtjat (v_1). Aparaatide omavaheliseks ühendamiseks vajame niisugusel korral kuus ühendusejuhet ja ühe üldise tagasitoova juhtme. Kummaski kohas saatja ja vastuvõtja ehitatakse ühte ja mööda üldist signaalide skaalat liiguvad kaks osutit, üks saatja, teine vastuvõtja oma.

Teine alalise voolu näidete-ülekanaja (joon. 130) töötab Wheatstone'i silla põhimõttel ja võimal-



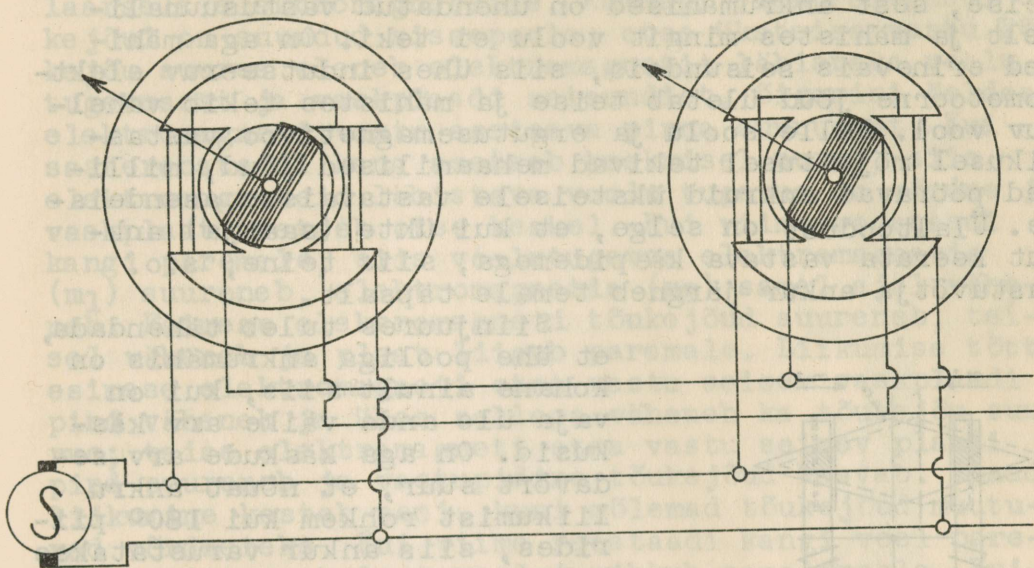
Joon. 130.

dab toodud lülituses samuti kahesuunalist näidete edasiandmist. Saatjaks on kummalgi poolel pluss- ja miinusjuhtmete vahele lülitatud takistused (t), millest libisevad keeramisel kontaktikangid (k). Vastuvõtjaks on otstarbele vastava skaalaga pingemõõtjad (v), millised on lülitatud omapoolse takistuse keskpunkti (a) ja vastaspoolse saatekangi vahele. Niikaua kui saatekang asetseb keskseisundis, ei lähe vastaspoolsesse vastuvõtjasse mingit voolu. Lükkame aga kangi üles või alla, siis läbib vastuvõtjat ühe või teisesuunaline vool, mille suurus oleneb kangi väljalükkamise nurgast. Saatekangiga on seotud osuti, mis liigub mitmesuguseid signaale kandval skaalal. Samal skaalal liigub harilikult ka vastuvõtja

osuti.

124. Vahelduva voolu näidete-ülekanndjad. Vahelduva vooluga töötavaist näidete-ülekanndjaist tutvume kahe tüüpi põhimõttelise ehitusega.

Esimesel (joon.131) saatja ja vastuvõtja on



Joon. 131.

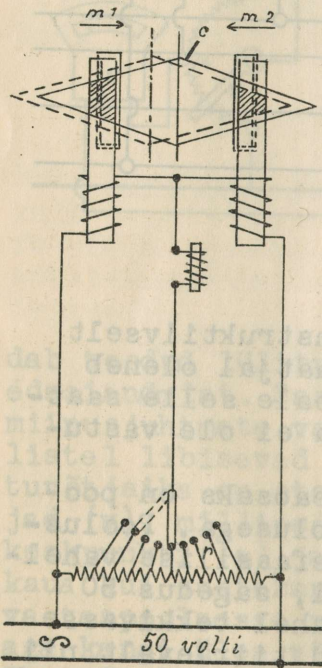
töötamise põhimõttelt ühesugused. Konstruktiivselt nad erinevad ainult suuruselt, mis saatjal oleneb järelelülitatud vastuvõtjate arvust; peale selle saatja omab mehaanilise ümberseadja, mida ei ole vastuvõtjal.

Nii saatja kui ka vastuvõtja peaosaks on poolusrõngas kahe vastakuti asetseva poolusega. Poolustele asetatud mähiseid toidetakse ühefaasilise vahelduva vooluga, mille pinge on 50 volti, sagedus 50 hertsi. Selle voolu mõjul pooluste vahel tekkivasse vahelduvasse magnetivoogu on asetatud tiirlevalt nii saatjal kui ka vastuvõtjal silindrikujuline ankur. Ankrute mähised on ühendatud üksteisega kontaktrõngaste ja harjade abil vastusuunaliselt, s.t. kokku on

ühendatud mähiste algused ja lõpud. Vahelduva magnetivoo mõjul indutseeruvad kummagi ankru mähises vahelduvad elektromotoorsed jõud, milliste suurus teistel võrdsetel tingimustel oleneb ankrumähise asendist. Asetsevad mõlemad ankrumähised magnetivoo-gude suhtes ühtuvalt, siis nendes indutseeruvad elektromotoorsed jõud on võrdsed. Nad hävitavad üksteise, sest ankrumähised on ühendatud vastusuunaliselt ja mähistes mingit voolu ei teki. On aga mähised erinevais seisundeis, siis ühes indutseeruv elektromotoorne jõud ületab teise ja mähistes tekib vahelduv vool. Selle soolu ja ergutusemagnetivoo vastastikusel mõjustusel tekivad mehaanilised jõud, millised pööravad ankruid üksteisele vastavaisse asendeisse. Ülaltoodust on selge, et kui ühte (saatja) ankrut keerata vastava käepidemega, siis teine, s.o. vastuvõtja ankur järgneb temale täpsalt.

Siinjuures tuleb tähendada, et ühe pooliga ankrumähis on kohane ainult siis, kui on vaja üle anda väike arv käskusid. On aga käskude arv sedavõrt suur, et nõuab ankru liikumist rohkem kui 180° pii-rides, siis ankur varustatakse kolme mähisega, millised asuvad 120° nurkade all.

Teiseks toome firma A.E.G. vahelduva voolu masinatelegraafi põhimõttelise skeemi (joon.132). Saateosaks on reostaat (r) ühes selle kontaktidel libiseva saatekan-giga. Vastuvõtte osas on kaks elektromagnetit (m_1) ja (m_2), milliste ette on liikuvalt asetatud teravate otstega vaskleht (C). Tegelikult aparaatides see vaskleht on silindrikujuline ja selle võlli külge on kinnitatud osuti, mis liigub näiteskaalal. Seadist toidab ühefaasiline vahelduv

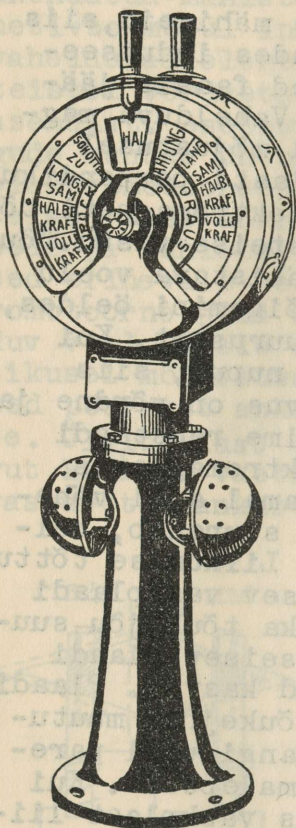


Joon. 132.

vool pingega 50 volti ja sagedusega 50 hertsi. Kui vahelduv vool läbib elektromagnetite mähiseid, siis magnetite ees seisvates vaskplaadi osades indutseeruvad vahelduvad keerisvoolud, millised faasis jäävad maha mähiste vooludest ligi 180° . Vahelduva magnetivoo ja keerisvoolude vastastikusel mõjustusel tekivad jõud, millised tõukavad vaskplaati perpendikulaarselt elektromagnetitele. Kummagi elektromagnetitõukejõud on suundunud sissepoole, otse üksteise vastu. Tõukejõu suurus oleneb elektromagnetit läbistava voolu tugevusest ja vaskplaadi seisundist, õigemini õeldes, elektromagnetit vastu asetseva pinna suurusel. Kui saatereostaadi kang asetseb keskmisel rümpul, siis elektromagnetiteid läbistava voolu tugevus on võrdne ja vaskplaat asetseb otse keskel. Kui viime reostaadi kangi paremale, siis voolutugevus elektromagnetis (m_1) suureneb, elektromagnetis (m_2) samal ajal väheneb. Esimese elektromagnetitõukejõud suureneb, teisel väheneb ja plaat liigub paremale. Liikumise tõttu esimese elektromagnetitõuke vastu seisev vaskplaadi pind väheneb ja ühes sellega väheneb ka tõukejõu suurus; teise elektromagnetitõuke vastu seisev plaadi pind suureneb ja vastupidine tõukejõud kasvab. Plaadi liikumine kestab seni, kuni mõlemad tõukejõud muutuvad võrdseteks. Kui viime reostaadi kangi veel paremale, siis vaskplaat veelgi nihkub samalepoole. Kui aga viime kangi tagasi vasakule, siis vaskplaat liigub samuti vasakule. Igale saatekangi seisundile, järelilikult, vastab kindel vaskplaadi ja sellega ühendatud osuti seisund. Osuti näited seega olenevad ainult voolutugevuse vahetõendest.

Kirjeldatud seadis toodud lihtsaimal kujul võimaldab ainult ühesuunalist signaalide edasiandmist. Kahesuunaliseks signaalide edasiandmiseks mõlemad aparaadid tulevad varustada nii saatjaga kui ka vastuvõtjaga.

125. Elektriliste masinatelegraafide konstruktsioon. Konstruktsioonilt elektriliste masinatelegraafide saate- ja vastuvõtte-aparaadid kujundatakse välja väga soliidsetena ja täiesti veekindlatena (joon. 133). Aparaadi korpus valatakse vasest või malmist. Äravõ-



Joon. 133.

tavad kaaned on varustatud kummitihendustega. Ühenduskaablid viiakse aparaatidesse läbi veekindlate topendite.

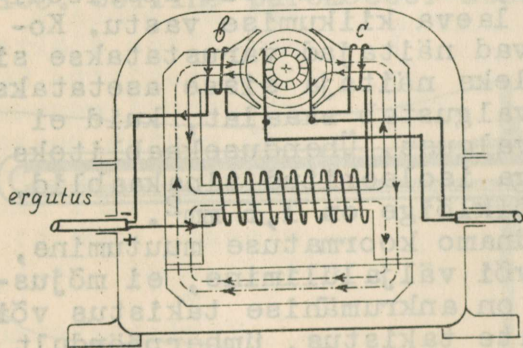
Antavatele signaalidele tähelepanu juhtimiseks seatakse üles aparaatide juurde märguande-kell (masinaruumis) või summer (sillal). Kella ja summeri lülitus on harilikult seesugune, et kella kõlisesimine ja summeri pirisemine ei lõpe, enne kui antud signaal on õieti vastatud.

Peale selle iga elektriline masinatelegraaf varustatakse seadisega, mis näitab, kunas signaalide edasiandmine lõpeb voolu katkemise tõttu. Selleks mõnede aparaatide sisse on ehitatud hõõglambid, millised valgustavad skaalat, niikaua kui aparaat on voolu all. Teistes aparaatides voolu katkemisel osuti viiakse eriseadise abil väljapoole nägemisvälja.

Elektrilised tahhomeetrid.

126. Elektriliste tahhomeetrite põhimõte. Laevadel peasjalikult tarvitataivate mehaaniliste tahhomeetrite puuduseks on asjaolu, et nad teevad tiirlemiskiiruse teatavaks ainult tahhomeetri nähtavusepiirkonnas, s.o. masinaruumis. Peale masinaruumide aga täpis peamasinate tiirude teadmine on vajalik ka mõnes teises kohas, nagu sildadel ja navigatsioonikambriis. Viimast ülesannet täidab elektriline tahhomeeter, milline võimaldab teatavaks teha tiirlemiskiirust igas soovitud kohas.

Kõige sagedamini tarvitatava elektrilise tahhomeetri peaosaks on väike, otse peamasina võllilt ümber aetav dünamo. Tiirlemisel dünamos indutseeruvad pinget mõõdavad voltmeetrid, milliste skaaladele on märgitud voltide asemel tiirude arv minutis. Dünamo peatingimuseks on magnetivoo konstantsus, sest ainult siis dünamo pinge on proportsionaalne tiirlemiskiirusega. Kirjeldatud tingimuse täitmine saavutatakse kahel viisil. Mõnedes seadistes kasutatakse saategeneraatorina alalise voolu magnet-elektrimasinat, s.o. püsivmagnetitega dünamot. Teistes seadistes on dünamo induktoriteks küllastatud elektromagnetid, milleid toidetakse laevavõrgust. Mõlemal viisil on omad puudused. Permanentsete terasmagnetite magnetismteenistuse kestel, eriti raputuste ja temperatuuri muutuste mõjul, kahaneb, mis toob kaasa näidete ebatäpsuse. Võõrergutusega dünamois aga magnetivoo tugevus ja ühes sellega ka ankrumähises indutseeruv pinge olenevad laevavõrgu voolupinge kõikumisest. Viimase puuduse kõrvaldamiseks on võetud tarvitusele mitmed patenteeritud konstruktsioonid.



Joon. 134.

ja (c) aga indutseerivad õige vähe küllastatud magnetivoo, milline läbibistab ankrut vastusuunaliselt peamagnetivoole. Seesuguses lülituses resulteeruv magnetivoog on konstantne kuni 50% suuruste pingekõikumiste juures. Ankrus indutseeruv pinge selletõttu oleneb ainult ankrut tiirlemise kiirusest, kasvab ja kahaneb

Ühe seesuguse, firma A.E.G. poolt valmistatud elektrilise tahhomeetri saatedünamo põhimõtteline konstruktsioon on näidatud joonisel 134. See dünamo on võõrergutusega, nimelt saab ta ergutusevoolu laevavõrgust. Selle juures ergutamähis on jagatud kolme ossa: suurem neist (a) tekitab tugevasti küllastatud magnetivoo, väiksemad poolid (b)

proportsionaalselt viimasega ja muudab suuna vastupidisel tiirlemisel.

127. Elektriliste tahhomeetrite konstruktsioon.

Tahhomeetri dünamo seatakse üles peavõlli kõrvale selleks eriti valmistatud raudalusele. Liikumist võllilt dünamole annab edasi Halli kett või muu selletaoline mittelibisev ühendus. Dünamo on täiesti veekindlat tüüpi, sest ta asub all piltsis või võllide koridoris, kus tuleb arvestada rõskust ja vee pealesattumist. Dünamost kaablid lähevad harukarpi, mis sisaldab kaitseid ja lülitajaid. Karbist lähevad harukaablid iga üksiku näitaja juurde. Dünamo pinge on harilikult umbes 30 volti.

Näitajad kujutavad endast harilikke Westoni tüüpi voltmeetreid, milliste skaaladele voltide asemel on märgitud tiirude arv minutis. Nullpunkt asub keskel, nii et edasikäigul osuti kaldub paremale, tagasikäigul vasakule. Suurematel laevadel seatakse üles kuni kümme näitajat, - masinaruumes, sildadel j.n.e., harilikult kaks näitajat koos. Igas paaris üks näitab ühe, teine teise masina tiirusid.

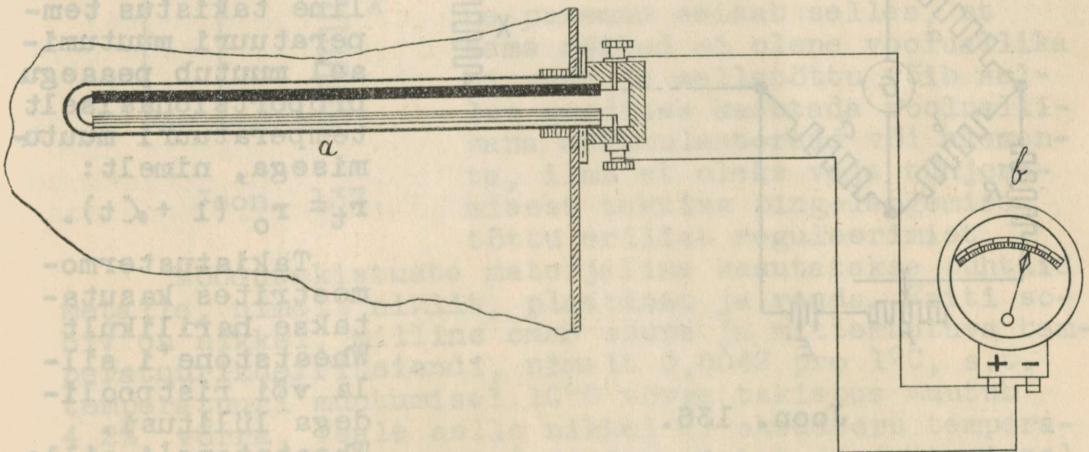
Näitajailt nõutakse, et nad oleksid aperioidilised ja mittetundelikud laeva kiikumise vastu. Kommandosildadel üles seatavad näitajad varustatakse sisemise valgustusega, milleks näitaja sisse asetatakse väike hõõglamp, milline valgustab skaalat, kuid ei tohi välja saata otsest valgust. Ühendusekaabliteks on mitmesoonelised kummiga isoleeritud tinakaablid, millel üksikute soonte põiklõige on $1,5 \text{ mm}^2$.

Selleks, et saatedünamo koormatuse muutumine, s.t. mõne näitaja sisse-või väljalülitamine, ei mõjustaks ülejäänute näiteid, on ankrumähise takistus võimalikult väike ja näitajate takistus, überpöörduvalt, suur. Veel paremaks aga tuleb lugeda seesugust konstruktsiooni, kus ükskõik millise näitaja väljalülitamisel temale võrdne takistus vooluringi lülitakse. Viimasel juhul dünamo koormatus on alati ühesugune ja ühe või mitme näitaja väljalülitamine ei mõjusta sugugi teiste näiteid.

Elektrilised kaugnäitajad termomeetrid.

Kaugnäitajad termomeetrid võimaldavad vajalikkude kohtade temperatuuri kindlakstegemist ühes näite ülekandmisega soovitud kaugusele. Seesugused seadised töötavad harilikult elektrilisel teel ja jagunevad töötamise põhimõttelt kahte liiki. Esimese liigi, n.n. püromeetrite juures mõõdetakse kahe erineva metalli kokkupuutumise kohal tekkivat elektromotoorset jõudu, teist liiki seadistes, n.n. takistustermomeetrites - puhtate metallide elektrilist takistust. Mõlematel juhtudel elektrilised muutused on peaaegu proportsionaalsed temperatuuri muutumisega. Esimest mõõtmise viisi kasutatakse peaaesjalikult kõrgete temperatuuride mõõtmisel, kuna teine viis, takistuste mõõtmine küllalt tundelikkude mõõduvahendite kasutamisel lubab igasuguste, nii kõrgete kui ka madalate temperatuuride mõõtmist.

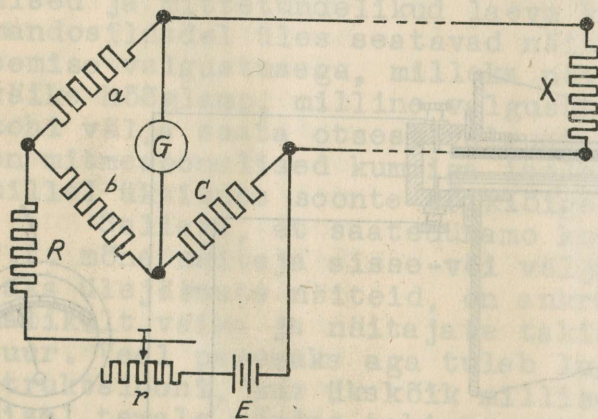
128. Püromeeter. Hariliku, mootorlaevadel peamootorite äratöötanud gaaside temperatuuri mõõtmiseks kasutatava püromeetri konstruktsioon on näidatud joonisel
135. Selline püromeeter koosneb n.n. termoelemendist (a)



Joon. 135.

ja näitajast (b). Termoelement koosneb kahest torukesest, millised on valmistatud erinevatest metallidest ja on ühest otsast kokku joodetud. Üks torukesest on harilikult vase ja nikli sulatisest, mida nimetatakse konstantaaniks, teine toruke on rauast või vasest. Termopaari lahtistelt otstelt on välja toodud isoleeritud ühendused ja viidud näitaja juurde. Viimane kujutab endast tundelikku voltmeetrit, mille gradatsioon näitab otse temperatuuri. Mehaaniliseks kaitseks termopaar asetatakse aukudega terastorusse. Iga silindri väljalaske-torusse harilikult kinnitatakse oma termopaar, kuna näitaja on nende jaoks ühine ja teda saab ühendada vastava ümberlülitaja või nuppu abil iga soovitava termopaariga. Püromeetrite kasutamisel tuleb pidada termopaariga. Püromeetrite kallikku temperatuuri, vaid termopaari sisemiste (kokkujoodetud) ja väliste otste temperatuuri vahet. Tõeliku temperatuuri leidmiseks, järelikult, tuleb lisada püromeetri näitele ümbritseva ruumi temperatuur.

129. Takistustermomeetrid. Takistustermomeetrite töö-



tamine, nagu öeldud, põhjeneb nähtel, et puhtate metallide elektriline takistus temperatuuri muutumisel muutub peaaegu proportsionaalselt temperatuuri muutmisega, nimelt:

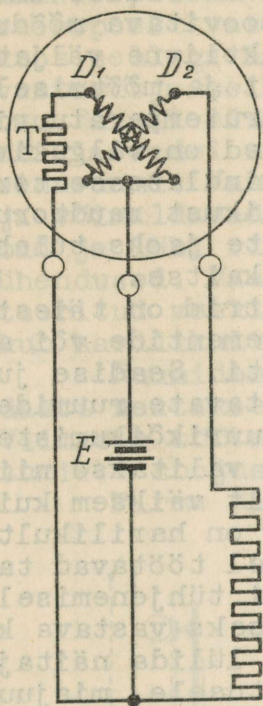
$$r_t = r_0 (1 + \alpha t).$$

Takistustermomeetrites kasutatakse harilikult Wheatstone'i silla või ristpoolidega lülitusi.

Joon. 136.

Wheatstone'i silla lülitusega takistustermomeetri põhimõtteline skeem on näidatud joonisel 136. Mõõdutakistus (x) moodustab silla ühe õla, kuna teised õlad (a), (b) ja (c) koosnevad

temperatuurist mitteolenevatest takistustest. Temperatuuri ja koos sellega mõõdutakistuse muutumisel muutub näiteinstrumenti (G) läbistava voolu tugevus ja osuti näide. Näiteinstrumendi skaalal on märgitud otse soojusekraadid. Vooluallika (E) pingereguleerimiseks on muutlik takistus (r).



Joon. 137.

Ristpoolidega takistustermomeetri vooluskeem on näidatud joonisel 137. Takistuse mõõtjal on kaks ristamisi asetatud pooli (D_1) ja (D_2), millised on kinnitatud ühisele teljele ja tiirlevad tugeva terasmagneti pooluste vahel. Mõlemad poolid on ühendatud ühise vooluallikaga (E), misjuures pool (D_1) on lülitatud järjestikku muutumatu takistusega (T) ja pool (D_2) mõõdutakistusega (x). Mõõdutakistuse momentaansest suurusel on oleneb ristpoolide seisund ja sellega seotud telje asend. Teljele kinnitatud osuti näitab skaalal otse temperatuuri.

Ristpoolidega lülituse eriline paremus seisab selles, et tema näited ei olene vooluallika pingest ja selletõttu võib selles seadises kasutada vooluallikana akumulaatoreid või elemente, ilma et oleks vaja tühjenemisest tekkiva pingelangemise tõttu erilist reguleerimist.

Mõõdutakistuste materjalina kasutatakse puhtaid metalle, nimelt niklit, plaatinat ja rauda. Eriti sobiv on nikkel, milline omab suure ja mittemuutuva temperatuurikoefitsiendi, nimelt 0,0042 pro 1°C , s.t. temperatuuri muutumisel 10°C võrra takistus muutub 4,2% võrra. Peale selle nikkel ei oksüdeeru temperatuuri mõõtmistega seotud soojenemistel ja jahtumistel, samuti ei ole ta hind kõrge. Suur temperatuuri koefitsient lubab vähem tundelikkude mõõduvahendite kasutamist, millised omakorda on üldiselt vastupidavamad.

Takistustermomeetreid kasutatakse suurematel laevadel võrdlemisi sagedasti ja mitmesuguseks otstarbeks, nagu ülekuumendatud auru, tähtsamate laagrite, söepunkrite, jahutuse-, elu- ja vanniruumide temperatuuride mõõtmiseks. Mõõdutakistusi on igas seadises harilikult mitu. Vastav juhtmestik ühendab neid ühise näitajaga, millist võib ühendada erilise ümberlülitaja või survenuppude abil iga soovitava mõõdutakistusega. Mõõdutakistuste konstruktiivne väljatöötamine oleneb nende kasutamise kohast ja mõõtmisel ette tulevatest temperatuuridest. Aurutemperatuuri mõõtmistel kasutatavad mõõdutakistused on vilgukivist isolatsiooniga ja on asetatud survekindlatesse terastorudesse. Söepunkrites jätkub harilikust raudtorust. Jahutuse- ja eluruumide mõõdutakistuste jaoks tuleb samuti ette näha tarvilik mehaaniline kaitse.

Elektriliselt takistustermomeetrid on täiesti iseseisvad, neid toidavad kuivade elementide või akkumulaatorite patareid pingega 2-4 volti. Seadise juhtmestik ehitatakse samasugune kui vastavate ruumide valgustusevõrk. Juhtmestiku temperatuurikõikumiste mõju kaotamiseks juhtmete põiklõiked valitakse nii suured, et nende takistus on tunduvalt väiksem kui mõõdutakistustel. Juhtmete põiklõige on harilikult 1,5 mm². Wheatstone'i silla põhimõttel töötavad takistustermomeetrid on varustatud patarei tühjenemisel tekkiva pingelangemise kompenseerimiseks vastava korrektuuriseadisega, milline võimaldab lülida näitajat erilisele konstantsele kontrolltakistusele, misjuures näide peab omama teatud kindla suuruse, näiteks 30°C. On näide teissugune, siis osuti tuleb viia ettenähtud seisundisse patarei pinge või mõõduvahendi magnetsondi reguleerimisega.

Tulekahju-teatajad.

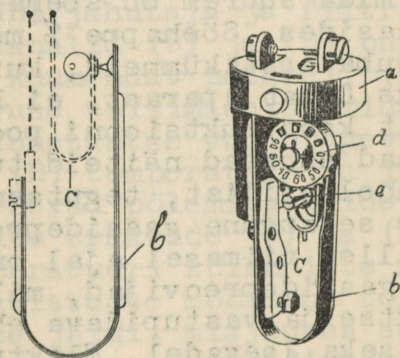
130. Tulekahju-teatajad kasutatakse laeval puhkeda võiva tulekahju kiireks teatamiseks sillale. Seadis koosneb mööda laeva laiali asetatud saatjaist ja komandokohas üles seatud vastuvõtjast. Saatjad kujutavad endast survenupu abil käsitatavat kontakti, mis on kättesaadav pärast õhukese klaasseibi katkilöömist.

Seadis töötab harilikult n.n.puhkevoolu põhimõttel, s.t.niikaua kui saatekontakti ei ole puudutatud, käib vool sellest läbi ja saatjas põleb väike 2-4 küünlaline, harilikult punane märgupirnike, milline näitab seadise korrasolekut. Saatekontakti mahasurumisel saatja kontrolllamp kustub ja vastuvõtte-aparaadis hakkab põlema vastav signaallamp, milline valgustab seestpoolt vastava pealkirjaga, läbipaistvat seibi; koos sellega hakkab kõlisema alarmikell. Pealkirjad vastuvõtja seibidel näitavad tulekahju tekkimise kohta. Paralleelselt komandosilla vastuvõtjale suurematel laevadel seatakse üles veel teine vastuvõtja masinaruumi. Vastuvõtjad astuvad tegevusse üheaegselt ja võimaldavad viivituseeta käivitada tarvilikud pumbad ja läbi viia tulekahju-torustikus vajalikud ühendused. Masinaruumi vastuvõtja harilikult on monteeritud veekindlasse metallkasti, komandosillal jätkub harilikult lihtsast puukastist.

Ruumides, kus alaliselt inimesi ei asu, sagedasti seatakse üles automaatsed tulekahju-teatajad. Viimaste töötamine harilikult põhjeneb metallide paisumisel soojuste mõjul.

Firma Siemens & Halske n.n.maksimaalteataja on

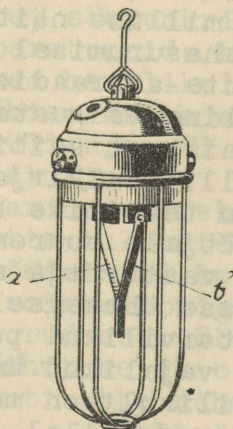
näidatud joonisel 138. Selle peaosadeks on kahest erineva paisumiskoeffitsiendiga metallist kokku keedetud U-kujuline kontaktvedru (b) ja harilik väiksem kontaktvedru (c), mille lahtise otsa seisund on reguleeritav tellimisrattaga (d) ühele teljele kinnitatud ekstsentriku keeramisega. Temperatuuri tõusmisel üle ettenähtud piiri kontaktvedru (b), tõmbudes sirgemaks, katkestab kontaktidevahelise



Joon. 138.

ühenduse. Harilikkude maksimaalteatajate teatetemperatuur on tellitav 40-90°C vahel, milleks tellimisrattal (d) on märgitud teatetemperatuurid iga 10° järgi. Kontaktvedrud ja tellimisseadis on kinnitatud isoleer-

ainest soklile (a), mis kannab ka voolunäpitsaid. Teataja ümber on asetatud metall-kaitsekorb, millest õhk vabalt läbi pääseb.



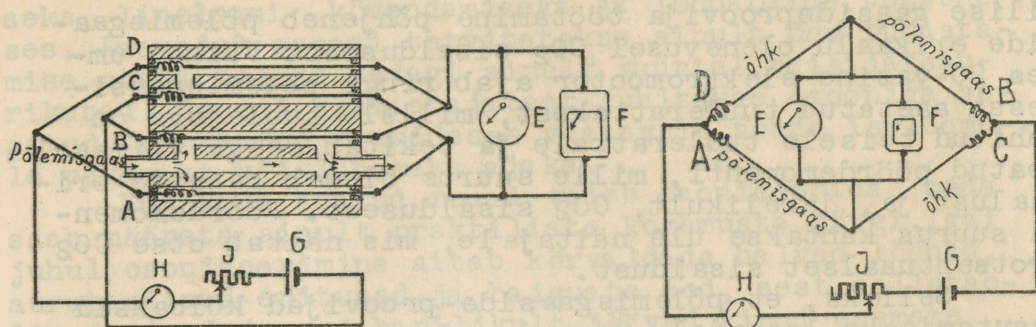
Tunduvalt lihtsam on joonisel 139 näidatud sama firma tulekahju-teataja. See koosneb kahest vetruvast metallribast (a) ja (b); viimased hoitakse koos kergestisulava jootega, mille sulamispunkt on umbes 70°C . Niipea kui temperatuur tõuseb kuni umbes 60°C , joode pehmeneb ja kontaktid vetruvuse tõttu eemalduvad üksteisest. Sulavjootega teatajad on odavamad, kuid ei võimalda teatetemperatuuri reguleerimist.

Joon. 139.

131. Põlemisgaaside-proovijad.

Arvestused ja praktika näitavad, et iga kütteaine liik vajab korralikuks ja ökonoomseks ärapälemiseks kindla kvantumi värsket õhku. On tehtud kindlaks, et mitte ainult õhupuudus ei halvenda põlemise protsessi, vaid ka ülearune õhk. Üldreeglinas maksab väide, et kütteaine põletamine on seda täiuslikum ja ökonoomsem, mida suurem on söehappe (CO_2) sisalduvus põlemisgaasides. Söehappe % määramise aparate ehitatakse juba aastakümneid, kuid suurem osa neist, nagu näiteks Orsat aparaat, ei kõlba kasutamiseks laevadel osalt konstruktsiooni poolest, osalt aga selletõttu, et nad annavad näiteid tunduva hiline misega. Parimat psühholoogilist, tegutsema sundivat mõju avaldab kütjale seesugune gaasideproovija, mis töötab hiline miseta. Alles viimasel ajal on ilmunud turule elektrilised gaasideproovijad, millised on sedavõrt lihtsa, kompaktse ja vastupidava ehitusega, et kõlbavad kasutamiseks laevadel. Elektriliste gaasideproovijate töötamine põhjeneb gaaside füüsiliste omaduste, näiteks soojusejuhtivuse või erikaalu olenevusel gaaside koosseisust.

Firma Siemens & Halske söehappemõõtja põhimõtteline ehitus on näidatud joonisel 140. Selle töötamine põhjeneb põlemisgaaside soojusejuhtivuse olenevusel



Joon. 140.

CO₂ sisaldusest. Hea soojusejuhtivusega metallklotsis on neli silindrilist kanalikest (A), (B), (C) ja (D). Iga kanalikeses keskkohas asetseb peenike plaatina- traat. Traadi ühte otsa on joodetud väike plaatina- iriidium-vedru, milline hoiab traati olenematult soojenemisest alati keskkohas. Traadi teise otsa, samuti ka vedru vaba otsa külge on joodetud nikkelstift, mis istub isoleerpuksis ja mille külge kinnitatakse voolu- juhtmed. Kanaleid (A) ja (B) läbib põlemisgaas, mida läbi jahutaja ja filtri imeb pidevalt vastav pum- bake. Kanalid (C) ja (D) on täidetud õhuga. (G) on traate kuumendav patarei, (I) on väike reostaat voo- lutugevuse tellimiseks, mida näitab ampermeeter (H).

Konstantse voolutugevuse juures hõõgtraatide (A) ja (B) temperatuur ja järelikult ka nende takis- tus olenevad põlemisgaaside CO₂ sisaldusest. Õhus hõõguvate traatide (C) ja (D) otstarbeks on katlaruu- mi temperatuuri kõikumiste mõju eraldamine. Hõõgtraa- tide takistuste mõõtmine toimub Wheatstone'i silla lülituse järgi, misjuures suurema tundelikkuse saavu- tamiseks kaks vastupidist silla õlga (A) ja (B) aset- sevad põlemisgaasides, teised ülejäänud õhus, nii et tegelikult mõõdetakse kummagi hõõgtraatide paari ta- kistuste vahet. Silla näitevahendiks on galvanomeeter (E) või tarbekorral sellega paralleelselt lülitatud ise- kirjutaja (F), millised näitavad otse CO₂ protsentu- aalset sisaldust.

Firma A.E.G. poolt valmistatud "Ranorex" elekt-rilise gaasideproovija töötamine põhjeneb põlemisgaa-side erikaalu olenevusel CO₂ sisaldusest. Väike, um-bes 20-vatine elektromootor ajab ringi põlemisgaasi-desse asetatud tuulerattakest, millelt tuulejuga on juhitud teisele tuulerattale ja tekitab seega viimasel teatud pöördemomenti, mille suurus oleneb gaaside eri-kaalust ja, järelilikult, CO₂ sisaldusest. Pöördemomen-di suurus kantakse üle näitajale, mis näitab otse CO₂ protsentuaalset sisaldust.

Selleks, et põlemisgaaside-proovijad kõlbaksid kasutamiseks laevadel, peavad nad vastama alljärgneva-tele nõuetele:

- 1) söehappe sisaldus peab olema nähtav pidevalt ja hiline miseta;
- 2) proovija hooldamine peab olema võimalikult lihtis, et ta ei teeks raskusi harilikule masina-meeskonnale;
- 3) proovija näited peavad ruttu jälgima tule seisukorra muutumisele nii et kütja näeks kohe tema poolt tarvitusele võetud abinõude mõju;
- 4) näited peavad olema suurel skaalal kaugemale nähtavad;
- 5) ehitusviis peab olema tugev, lihtis ja mitte-tundelik soojuse, tolmu, rõskuse ja põrutuste vastu.

132. Osooni valmistamise seadised. Osoon on hapniku isesugune kujud, mis tekib õhku või hapnikku läbistava-te tumedate lahenduste mõjul, vähesel määral ka elekt-risädemete, näiteks välgu juures. Selle juures osa ka-heatomilistest hapniku molekulidest muutub kolmeaato-milisteks; niisugusel kujul hapnik kannabki osooni nime. Puhast osooni seni ei ole suudetud valmistada, vaid saadakse õhu ja osooni segu, mis sisaldab osooni kuni 6%. Seda segu nimetataksegi tehnikas osooniks.

Osoon erineb hapnikust erilise kloorisarnase lõhnaga ja erakordselt suure oksüdeerimisvõimega. Selajal kui harilik hapnik suuremalt jaolt ainult kõr-gemate temperatuuride juures teiste ainetega ühineb, avaldub osooni oksüdeeriv mõju nii orgaanilistele kui ka anorgaanilistele ainetele juba harilikkuude tempe-ratuuride juures. Osooni tarvitatakse kaldal mitmeks

otstarbeks, nagu pleekimiseks, joogivee puhastamiseks, linoleumi kõvendamiseks ja lõhnaõlide tööstuses. Laevadel osooni tarvitatakse ainult õhu puhastamiseks otstarbel ja sedagi ainult suurtel reisijateaurikutel. Osooni valmistajatest juhitakse osooniga seगतud õhk teatud ruumidesse vastavalt nende iseloomule pikemaks või lühemaks ajaks.

Kui kaua teatud ruumi tuleb osoniseerida, seda saab määrata ainult praktiliste kogemuste järgi. Igal juhul osoniseerimine aitab kõrvaldada halvad lõhnad, aurutaolised eritused ja haiguste eod, sest selletaolised ained ja eod harilikult jäävad kinni esemete külge ja hariliku tuulutamisega neid ei saa kõrvaldada küllalt kiiresti ega põhjalikult. Tervisele kahjuliku mõju ärahoiuks, mis tuleb ilmsiks liiga suure osooni sisalduse korral, maksab eluruumide kohta reegel, et osoniseerimine tuleb lõpetada, kui hakkab tunduma osooni spetsiifiline lõhn. See vastab umbes 0,3 - 0,5 mg osooni sisaldusele ühes õhu kantmeetris. Suurtel laevadel on ruumide osoniseerimise vajadus kujunenud välja nii, et osooni juhitakse:

- 1) suitsetamisruumidesse kaks korda päevas
ä 1 tund;
- 2) vannitubadesse ja klosettidesse 3 korda päevas
ä 1 tund;
- 3) liha ja toiduainete jahutuseruumidesse 3 korda päevas ä $\frac{1}{2}$ tundi.

Praegused osoonivalmistajad töötavad kõik n.n. tumedate lahendustega kõrgete pingete juures. Esimene tehniliselt vastuvõetav osooni valmistamise aparaat, mis veel praegugi moodustab põhjapaneva eeskuju, on W.Siemensi poolt konstrueeritud osonitoru. See koosneb kahest kontsentrilisest, väliskülgedelt staniooliga kaetud klaastorust, millised seisavad kuni 8000-voltdise pingega all. Kahe klaastoru vahel voolab osoniseeritav õhk. Seesmine klaastoru asendati hiljem metalltoruga. Seesugune aparaat annab 18-36 g osooni ühe äratarvitatud kilowatt-tunni kohta. Teiste vabrikute osoonivalmistajad töötavad samal tumedate lahenduste põhimõttel, vahe on ainult elektroodide kujus ja tarvitatava voolu pinges ja sageduses, - kaldapealsetes seadistes kuni 50000 volti ja 500 hertsini. Tarvitatava kõrgepinge tõttu tuleb osoonivalmistajates panna suurt

rõhku isolatsioonile, samuti peab neil olema küllalt soliidne puutumiskaitse. Aparaat on harilikult kaetud kinnise plekk-kestaga, mis maandatud, s.o.hästi ühendatud laevakerega. Juurdepääs aparaaadi sisemusse kujundatakse nii, et kõrgepingeosa saab avada ainult siis, kui vool on täiesti välja lülitatud. Laevadel kasutada oleva alalise voolu ümbertöötamiseks on soovitatav tarvitada mitte ühe ankruga umformereid, vaid mootorgeneraatoreid, et täiesti eraldada laeva üldist vooluvõrku osooniseadise kõrgepingelisest võrgust. Kuna mereõhus leiduv niiskus raskendab osooni valmistamist, siis mõnedes aparaatides värske õhk enne osooniseerimist kuivatatakse keemiliste vahenditega, näiteks kloorkaltsiumiga.

133. Elektriküte. Laevadel harilikult kasutatava auruküttega võrreldes elektriküte omab mitmesuguseid paremusi. Elektrikütte juures puuduvad pikad ja keerukad torustikud, milliste hooldamine nõuab palju tööd ja tüli. Võrdlemisi sagedasti ette tulev aurutorude lekkimine, mille kõrvaldamine on eriti tülikas siis, kui torud on asetatud puuvoodri alla, sagedane tüütav kloppimine, torustiku kinnikülmamise võimalus ja mittevajalikkude ruumide sagedane asjatu soojendamise torustiku poolt - need oleksid aurukütte mõningaid iseloomustavamaid puudusi. Elektriküte sellevastu on täiesti vaikne ja alati tegevusevalmis, tema juhtmes-tiku vedu ja hooldamine teeb vähe raskusi. Peale selle elektriküte on hõlpsasti ja kiiresti reguleeritav. Kui aga neile hüvedele vaatamata elektrikütet laevadel seni võrdlemisi vähe kasutatakse, siis see on tingitud üldisest väiksest kasukraadist ja sellest tingitud kallidusest. Elektrikütte üldine kasukraad, s.t. vahakord elektriahjuult antava soojusehulga ja selleks katlakoldes või mootori silindris ärapõletatud kütta-ainest tekkinud soojusehulga vahel on väga väike: aurudünamote ja söekütte juures see on kõigest 7-9%, õlikütte juures 8-10% ja dieseldünamote juures umbes 25%.

Elektriahjud jagunevad kahte liiki: 1) kantavad ahjud, milliseid kasutatakse üksikute kohtade ajuti-seks või täiendavaks soojendamiseks, 2) kohtkindlad ahjud, mis on määratud ruumide alaliseks kütmiseks.

Mõlematena kasutatakse kaldapealsel tarvitamisel välja kujunenud tüüpidest ainult neid, mille konstruktsioon on küllalt vastupidav raskeis laevatingimustes. Elektriühjude ehitus on lihtis. Nende töötavaks osaks on tarviliku takistusega ühe-või teisekujuline juhe, milles vool muutub soojuseks. Soojendusejuhtmete mõõtude vähendamiseks nad valmistatakse suure eritakistusega metallisulatistest, nagu uushõbe eritakistusega 0,25-0,4, nikelliin - 0,42, termotaan - 0,58, ja mangaanvask - 0,85. Nendel sulatistel on veel see paremus, et nende takistus vähe muutub temperatuuriga ja et nendest valmistatud hõõgtraatidel selletõttu on väike käivitusvoolu tugevus. Veel suurem eritakistus on söel, 100 kuni 1000, kuid selle kasutamist elektriühjude takistab asjaolu, et söepulkade kindel kinnitamine voolukontaktidega on raskesti läbiviidav ja pealegi on söest soojendusekehade mehaaniline vastupidavus võrdlemisi väike.

Kantavates elektriühjudes soojendusetraat on harilikult mähitud lühikese spiraalina portselansüdamikule, mis asetatud metallreflektori ette. Tumpunaselt hõõguvalt traadilt soojusekiired reflektori tõttu peegelduvad kindlas suunas. Lahtiselt hõõguv soojendusetraat vajab muidugi head külgepuutumiskaitset. Paremais tüübes hõõgtraat on asetatud tugevasse ränikivist torusse, millega saavutatakse täielik tule- ja puutumiskindlus ja eriliselt väiksed mõõdud.

Kohtkindlad, kestvaks kütmiseks kasutatavad ahjud on harilikult kinnise konstruktsiooniga, s.o. nende hõõgtraat ei puutu otse kokku välisõhuga, vaid on kaetud plekk-kattega, mis hõõgtraadist muidugi on isoleeritud. Soojuseülekanne ahjult õhule toimub selletõttu peamiselt mitte kiirgamisega vaid konvektsiooniga. Hõõgtraatide koormatus valitakse võrdlemisi väike, nii et ahju välispinna temperatuur ei tõuse üle 75°C. Kõrgema temperatuuri juures ahjule sattuv tolm hakkaks kõrbema ja tekitaks ebameeldivat kõrbelõhna. Laeva elektriühjude hõõgtraadi kohta mak-
sab veel nõue, et see ei tohi mereõhu mõjul oksüdeeruda. Käivitusvool ei tohi olla suur ja peab kiiresti langema normaalse suuruseni. Hõõgtraadi ja välise plekk-katte vaheline isolatsioon on harilikult vilgukivist, sest see isoleerib hästi nii kõrgete kui ka

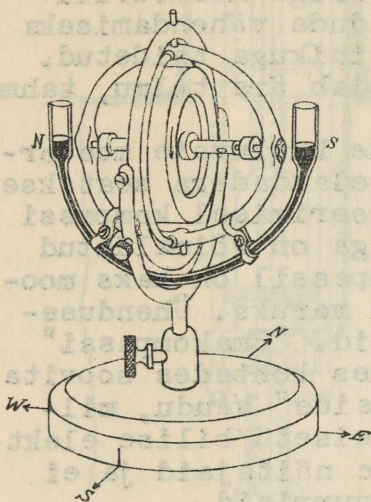
madalate temperatuuride juures, ei ole hügrooskoopiline ja ei takista soojuse väljapääsu. Ahjude kuju ja väljatöötamine võivad olla mitmesugused, kuid peanõueteks jäävad vaba õhu tsirkuleerimise võimalus kütte-elementide vahel ja igakülgse puhastamise võimalus.

Elektriahjusid on võimalik varustada automaatsete regulaatoritega, millised võimaldavad hoida iga soovitud temperatuuri täpsusega kuni 1°C.

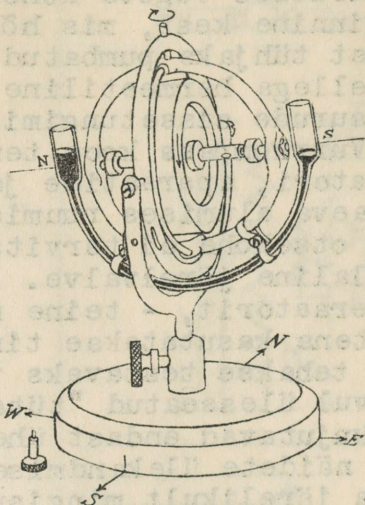
134. Vurrkompassid. Harilikel magnetkompassidel on teatavasti mitmeid puudusi, millised suurenesid eriti raudlaevaehituse ja elektri-tugevvoolu tarvitusele võtmisega. Vurrkompass on vaba neist puudusist. Vurriks nimetatakse üldiselt mingit rasket keha, mis tiirleb enda sümmeetriatelje ümber. Vurri peaomaduseks on asjaolu, et ta tiirlemise vältel hoiab alal oma telje suuna ja igale teljesuuna muutmise katsele reageerib teatud kindlate jõududega. Maakera tiirlemine, järelikult, jääb mõjuta ainult niisuguse vurri suhtes, mille tiirlemise telg on paralleelne maakera teljega; iga muu teljeasendi juures vurri näilik seisund muutub alatasa.

Kuigi neid vurri omadusi tunti juba varemalt, ei suudetud neid praktiliselt ära kasutada, enne kui tehnika areng võimaldas anda vurrile tarviliku suurusega tiirlemiskiiruse. Alles elektromootorite konstruktsiooni väljaarendamisega, kui hakati valmistama kiiretiirulisi - kuni 30000 tiiru minutis - vahelduva voolu mootoreid ja saadi üle ka teistest mehaanilise iseloomuga raskusist, valmis esimene kaldapealseks tarvitamiseks kõlblik vurrkompass, milline omas külalalise täpsuse. Laevadel kõlblikkude tüüpide väljakujundamiseks tuli veel võita muid raskusi, eriti tuli välja eraldada laevakere liikumiste, kõikumiste ja pörutuste segav mõju. Suuremaarvuline laevatüüpi vurrkompasside valmistamine algas maailmasõja ajal, kuna neid vajati sõjalaevadele, eeskätt just allveelaevadele. Sellest ajast peale on välja kujunenud mitmed praktiliselt täiesti kõlblikud vurrkompasside tüübid, nagu Sperry ja Anschütz'i süsteemilised, mille tarvitusele võtmine areneb ka kaubalaevastikus, eeskätt just suurtel reisisjateaurikutel.

Vurrkompassilt nõutavaks tähtsaimaks omaduseks peale näitamistäpsuse ja töötamiskindluse on auto-
maatne põhja-lõuna suunda asetumine. Viimase nõude
täitmise viisi näitab joonistel 141 ja 142 toodud



Joon. 141.



Joon. 142.

elementaarne vurrkompass. Tema peaosaks on horison-
taaltelje ümber kiiresti tiirlev vurr, mis on aseta-
tud igasugust keeramist võimaldavatesse kardaanrõn-
gastesse. Vurri laagreid hoidva rõnga külge on kinni-
tatud kõver, otstelt väikesteks nõudeks laiendatud
toru, mis on osaliselt täidetud elavhõbedaga. Oletame
nüüd (joon.141), et vurr on pandud tiirlema nii, et
ta telg asetseb lääne-ida suunas. Sel juhul maakera
tiirlemine põhjustab vurri telje näiliku liikumise,
misjuures telje idapoolne ots tõuseb ja läänepoolne
langeb. Selle tagajärjel teatud osa elavhõbedat voo-
lab kohe telje madalama otsa juurde ja see raskuse
ümberasetumine põhjustab vurri pööramise ümber verti-
kaaltelje joonisel 142 noolega näidatud suunas, ni-
melt telje idapoolne ots pöördub lõunasse ja lääne-
poolne ots põhja. Elavhõbeda raskuse mõju jätkab se-
da pööramist niikaua, kuni vurri telg on asetunud
põhja-lõuna suunda paralleelselt maakera teljega.

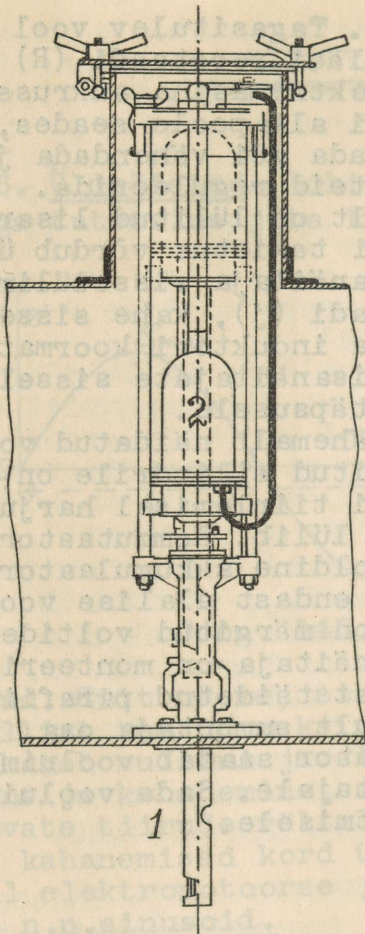
Vurrkompasside vurrid kujutavad endast keerdvoolu otseside-mootori ankruid ja teevad kuni 20000 tiiru minutis. Keerdvoolu saavutamiseks on seadisel oma mootorgeneraator. Keerdvoolu pinge on 100 voldi ümber ja sagedus umbes 300 hertsi. Vurri või vurrisid ümbritseb tugeva konstruktsiooniga hermeetiliselt kinnine kest, mis hõõrumiskadude vähendamiseks on õhust tühjaks pumbatud või vesinikuga täidetud. Ühes sellega hermeetiline kate hoiab ära tolmu, tahma ja veeaurude sissetungimise.

Vurrkompass koos tema juurde kuuluvate mootorgeneraatori, aparaatide ja jaotuselaudadega seatakse üles laeva alumises ruumis. Navigeerimisel kompassi ennast otsekohe ei tarvitata, seega on võimaldatud tema alaline järelvalve. Igal kompassil on kaks mootorgeneraatorit, - teine neist on varuks. Ühendusejuhtmetena kasutatakse tinakaableid. "Emakompassi" näited tehakse teatavaks tarvilikes kohtades soovital arvul ülesseatud "tütarkompasside" kaudu, millised kujutavad endast ühe- või teisetüübilise elektrilise näidete ülekandmise seadise näitajaid ja ei sisalda järelvalt mingisuguseid vurrisid.

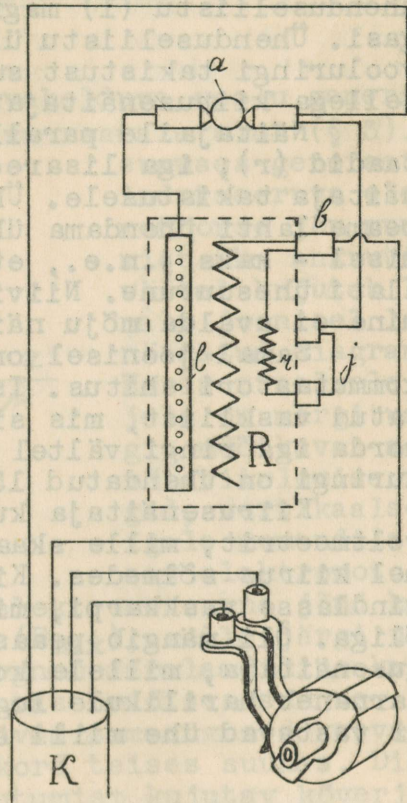
Vurrkompassi paremuseks on veel asjaolu, et ta võimaldab hõlpsasti automaatset kursihoidmist. Selleks kinnitatakse mingi tütarkompassi külge voolukontaktid, millised laeva väikseimagi kursist kõrvalekaldumise korral lüüvad sisse rooliseadist ühes või teises suunas käivitavad releed, nii et laev tuuakse kursile tagasi.

135. Forbsi logi. Forbsi logi, mis valmistatud inglise firma -"Elliot Brothers"i poolt, täidab korraga kahte ülesannet, nimelt näitab laeva sõidukiirust sõlmedes ja peale selle ka ärasõidetud maad miilides.

Logi peaosaks on (joon. 143) metalltoru (1). See toru lükatakse laeva põhjast välja, nii et laeva liikumisel torust läbivoolav vesi ajab ringi selles asuvat propellerit. Propelleri liikumine kantakse üle hammasrataste kaudu kuplis (2) asuvale magnet-elektrimasinale, mille tiirlemisekiirus järelvalt oleneb laeva liikumisekiirusest. Magnet-elektrimasinas indutseeruvat pinget mõõdavad tarvilikkudes kohtades üles seatud voltmeetrid, millised näitavad



Joon. 143.



Joon. 144.

otse laeva kiirust sõlmedes. Peale selle saatekuplisse on asetatud eriline voolukommutaator, milline on ühendatud tiguülekande abil saatedünamo võlliga ja milline saadab vooluimpulsse ärasõidetud maa lugejale.

Tarviduse korral võib kogu saatjat üles tõsta nii, et propelleriga toru laeva põhjas olevast august välja tuleb. Sel juhul tuleb muidugi põhja avaus vastava ventiili abil kohe sulgeda. Ülestõstetud kupli asend on näidatud joonisel punktiiriga.

Forbsi logi vooluskeem on näidatud joonisel 144. Magnet-elektrimasina ankrust (a) vool läheb kaabli (k)

ühte soont pidi näitajatesse. Tagasitulev vool läheb kontaktile (b) ja sealt läbi reostaadi (R) ja ühenduseliistu (l) magnet-elektrimasina ankrusse tagasi. Ühenduseliistu üles- või allapoole seades, võime vooluringi takistust suurendada või vähendada ja sellega kiirusenäitajate näiteid reguleerida.

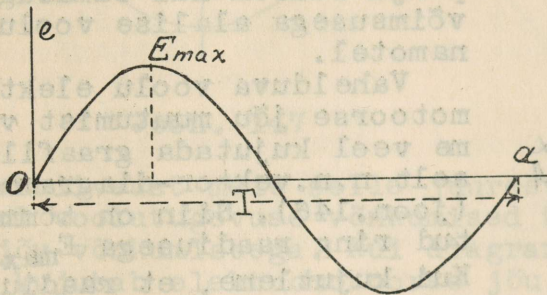
Näitajaile paralleelselt on lülitatud lisareostaadid (r); iga lisareostaadi takistus võrdub ühe näitaja takistusele. Ühe lisanäitaja sisselülitamisega peame lahti ühendama ühe traadi (j), kahe sisselülitamisega - kaks j.n.e., et hoida induktori koormatus alati ühesuurune. Niiviisi lisanäitajate sisselülitamine ei avalda mõju näidete täpsusele.

Samal joonisel on ka lähemalt näidatud voolukommutaatori ehitus. Isoleeritud silindrile on kinnitatud vaskliist, mis silindri tiirlemisel harju kaks korda iga ringi vältel kokku lüübib. Kommutaatori vooluringi on ühendatud 15-20-voldine akkumulaator.

Kiirusenäitaja kujutab endast alalise voolu voltmeetri, mille skaalale on märgitud voltide asemel kiirus sõlmedes. Kiirusenäitaja on monteeritud kindlasse vaskkarpi, mis seest täidetud parafiinõliga. Õli mängib peasjalikult sumbutaja osa. Kaugusenäitaja, millele kommutaator saadab vooluimpulssi, sarnaneb harilikule logi näitajale. Sada vooluimpulssi vastavad ühe miili ärasõitmisele.

VII. Vahelduv vool.

136. Üldmõisted. Lihtsaima vahelduva voolu generaatoriga tutvusime juba käesoleva raamatu alul (§ 3). See-



Joon. 145.

suguses generaatoris indutseeruva elektromotoorse jõu muutumist ühe ankrutiiru vältel kujutab lähemalt joonisel 145 näidatud diagramm. Horisontaalsele teljele on märgitud mingis mõõtkavas aeg või tiirlemise nurgad, vertikaalsele igale momendile vastav elektromotoorne

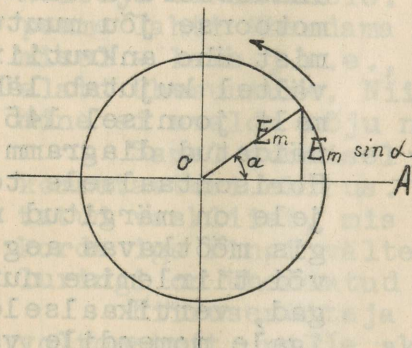
jõud. Siit näeme, et alul elektromotoorne jõud kasvab nullist teatud maksimumini (E_{max}), selle järgi uuesti kahaneb nullini ja siis järgneb samalaadiline kasvamine ja kahanemine, ainult vastupidises suunas. Järgnevate tiirude vältel korduvad samasugused kasvamis- ja kahanemised kord ühes, kord teises suunas. Diagrammil elektromotoorse jõu muutumist kujutav kõverjoon on n.n. sinusoid.

Aeg, mille vältel elektromotoorne jõud teeb läbi kõik positiivsed ja negatiivsed suurused - käesoleval juhul see toimub ühe ankrutiiru vältel - nimetatakse perioodiks ja märgitakse tähega T. Diagrammil periood vastab punktide (o) ja (a) vahele. Perioodile vastupidist suurust, mis kujutab perioodide arvu sekundis, nimetatakse vahelduva voolu sageduseks ja märgitakse tähega f (hertsi).

$$\text{Niiviisi } f = 1/T.$$

Tugevvoolu tehnikas tarvitatakse pea erandita vahelduvat voolu sagedusega 50. Telefoni kõnevoolude sagedus on 50 kuni 2000. Raadiotehnikas tarvitatava voolu sagedus on 100000 ja enam.

Kahe poolusega generaatoris sagedus võrdub ankru tiirude arvuga sekundis ja seepärast sageduse $f = 50$ saavutamiseks ankur peaks tegema 50 tiiru sekundis. Nii suure tiirlemiskiiruse saavutamine teeb sagedasti raskusi ja seepärast ankru tiirlemiskiiruse tõstmise asemel harilikult suurendatakse magnetipooluste arvu. Vahelduva voolu generaatorite pooluste arv on seepärast harilikult palju suurem kui samasuguse võimsusega alalise voolu dünamotel.



Joon. 146.

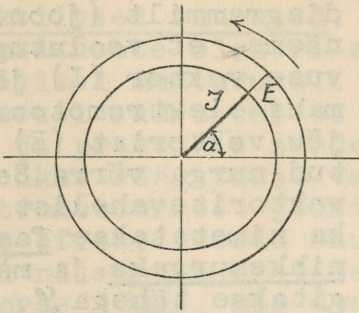
Vahelduva voolu elektromotoorse jõu muutumist võime veel kujutada graafiliselt n.n.vektor-diagrammiga (joon.146). Siin on tõmmatud ring raadiusega E_{max} . Kui kujutleme, et raadiusvektor E_{max} tiirleb ühesuguse kiirusega keskpunkti (O) ümber noolega näidatud suunas ja kui loeme tiirlemise nurka horisontaalselt tel-

jelt OA, siis raadiusvektori projektsioon vertikaalsele teljele, mis võrdub $E_{max} \sin \alpha$ kujutab antud momendile vastava elektromotoorse jõu suurust.

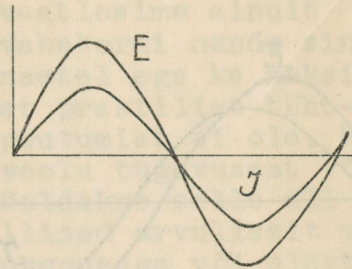
137. Vahelduva voolu tugevus. Generaatoris indutseeruva vahelduva elektromotoorse jõu mõjul tekib välisvooluringis samatüübiline vahelduv vool. Alalise voolu tugevus oleneb teatavasti ainult kahest tegurist - elektromotoorsest jõust ja vooluringi oomilisest takistusest. Viimaseid teades, võime määrata voolutugevuse oomi valemi abil.

Vahelduva vooluga on lugu teisiti. Siin peale oomilise takistuse voolutugevus oleneb veel vooluringi lülitatud induktiivsusest ja mahtvusest. Selgema pildi saamiseks vahelduva voolu tugevusest, vaatleme mitmesuguseid koormatusi eraldi.

1) Puhtoomiline koormatus. Oletame, et vahelduva voolu generaator on koormatud ainult oomiliste takistustega, näiteks hõõglampidega. Generaatori ankru



Joon. 147

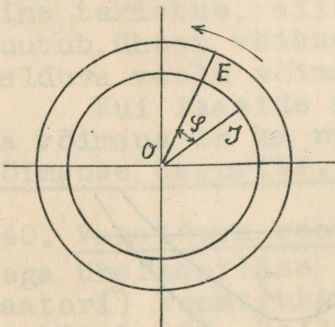


Joon. 148.

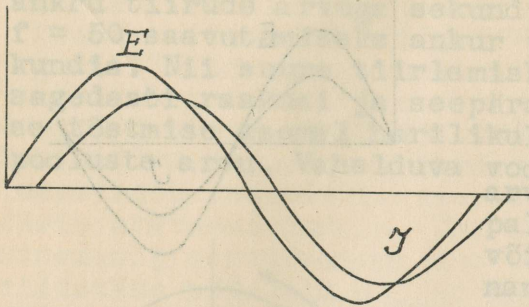
induktiivsust meie selle juures arvesse ei võta. Sel juhul voolutugevuse võnkumised ühtuvad elektromotoorse jõu võnkumistega. Kui diagrammil 148 kõverjoon (E) kujutab elektromotoorse jõu võnkumisi, siis kõverjoon (J) näitab voolutugevuse võnkumisi puhtoomilise koormatuse juures. Diagrammilt näeme, et elektromotoorse jõu nullile vastab voolutugevuse null, elektromotoorse jõu maksimumile ühes suunas vastab voolutugevuse maksimum samas suunas. Vastaval vektordiagrammil (joon.147) elektromotoorse jõu ja voolutugevuse vektorid (E) ja (J) sattuvad täiesti ühte või, nagu öeldakse, voolutugevus on faasis elektromotoorse jõuga.

2) Oomiline ja induktiivne koormatus.

Oletame, et generaatori koormatusse kuuluvad peale oomiliste ka induktiivsed takistused, näiteks elektromootorite või transformatorite näol. Sel juhul voolutugevus ei ole enam faasis elektromotoorse jõuga, vaid jääb sellest maha. Diagrammilt 150 näeme, et kui elektromotoorne jõud on null, voolutugevus ei ole veel jõudnud nullile, samuti ka voolutugevuse maksimumid jäävad maha elektromotoorse jõu maksimumidest.



Joon. 149.



Joon. 150.

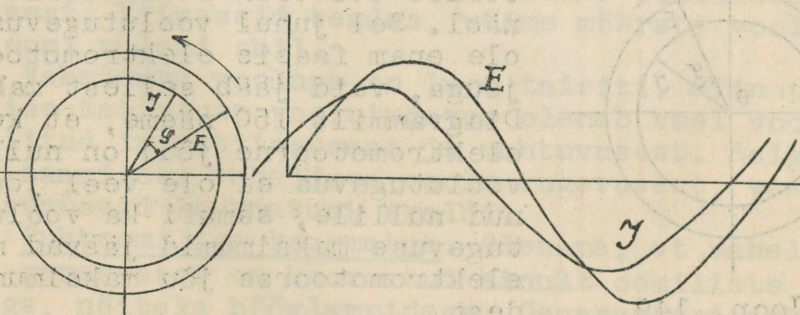
Vastavalt vektor-
diagrammilt (joon.149)
näeme, et voolutuge-
vuse vektor (I) jääb
maha elektromotoorse
jõu vektorist (E) tea-
tud nurga võrra. Seda
vektoritevahelist nur-
ka nimetatakse faaside
nihkenurgaks ja mär-
gitakse tähega φ .

Nihkenurga suurus
oleneb vooluringi lü-
litud induktiivsuse
suurusest. Induktiv-

suse suurendamisel kasvab ka faaside nihkenurk. Puht-
induktiivse koormatuse juures nihkenurk võrduks 90-ne
kraadiga.

3) Oomiline ja mahtuvuseline koormatus.

Sel juhul, kui generaatori koormatuseks peale
oomilise takistuse on veel mingi mahtuvus, näiteks
mõni kondensaator, voolutugevuse muutumised jällegi
ei ühtu elektromotoorse jõu muutumistega, vaid, nagu
näeme sellekohastelt diagrammidelt, (joon.151) voolu-
tugevus on elektromotoorsest jõust teatud nurga võrra
ees. Voolutugevus jõuab nullile või maksimumile varem
kui elektromotoorne jõud. Faaside nihkenurga suurus
oleneb vooluringi lülitatud mahtuvuse suurusest. Mahtu-
vuse suurendamisel nihkenurk kasvab ja puhtmahtuvuse-
lise koormatuse juures ta oleks 90° .



Joon. 151.

138. Vahelduva elektromotoorse jõu ja voolutugevuse efektiivsed suurused. Eespool vaatlesime ainult momentaansete elektri-suuruste vahetordi nende sinusooidsel muutuval. Momentaansetel ega ka maksimumsetel suurustel ei ole otsest praktilist tähtsust ja praktikas nendega kokkupuutumist ei ole. Kui praktikas räägitakse vahelduva voolu tugevusest või elektromotoorsest jõust, siis mõeldakse selle all nende efektiivseid suurusi, millised arvuliselt võrduvad niisuguse alalise voolu tugevusega või elektromotoorse jõuga, mis avaldab sama mõju kui kõnealolev vahelduv vool.

Teooria järgi on vahelduva voolu maksimumtugevuse I_{\max} ja efektiivse tugevuse I_e vahetordi:

$$I_e = I_{\max}/\sqrt{2} = 0,707 I_{\max}.$$

Sama vahetordi on ka elektromotoorse jõu maksimumsuuruse ehk amplituudi E_{\max} ja efektiivse suuruse E_e vahel, s.o. $E_e = E_{\max}/\sqrt{2} = 0,707 E_{\max}$.

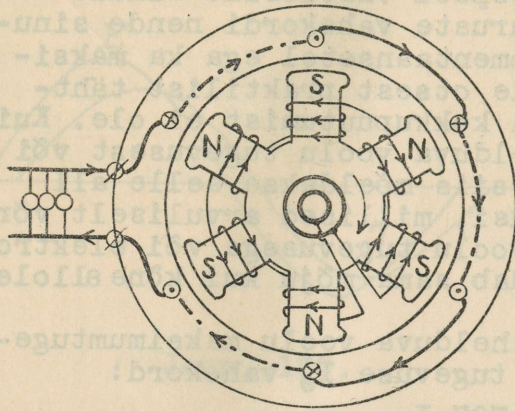
139. Vahelduva voolu võimsus. Alalise voolu võimsus, nagu teame, võrdub $W = E \cdot I$ vatti. Vahelduva voolu võimsus oleneb peale elektromotoorse jõu ja voolutugevuse veel faaside nihkenurgast ja võrdub:

$$W = E \cdot I \cdot \cos \varphi.$$

Ainult puhtoomilise koormatuse juures, mil voolutugevus on faasis elektromotoorse jõuga ja nihkenurk võrdub nulliga, s.o. $\cos \varphi = 1$, omab vahelduva voolu võimsus suurima tähenduse. Kui aga oomilisele takistusele lisandub veel induktiivne või mahtuvuseline takistus, siis φ omab teatud suuruse ja $\cos \varphi$ muutub ühest väiksemaks; ühes sellega väheneb ka vahelduva voolu võimsus.

Kui faaside nihkenurk võrdub 90° , siis $\cos \varphi = 0$ ja võimsus on ka null. $\cos \varphi$ nimetatakse harilikult võimsuse teguriks.

140. Vahelduva voolu generaatorid. Normaalse ehitusega ühefaasilise vahelduva voolu generaatori (alternaatori) konstruktsioon on näidatud skemaatiliselt joonisel 152. Selle paigalseisev osa, n.n. staatator, vastab elektriliselt dünamomasina ankrule. Ta kujutab



Joon. 152.

endast raudrõngast, mille seespool asu-
vatesse nuutidesse
on asetatud traatmä-
hised. Generaatori
tiirlev osa, n.n.
rootor, millel käes-
oleval juhul on kaks
magnetipoolust, vas-
tab elektriliselt dü-
namomasina induktori-
le. Ergutusevool ju-
hitakse rootori mähis-
tesse läbi kahe kon-
taktrõnga, millistel
rootori tiirlemisel
libisevad harjad.

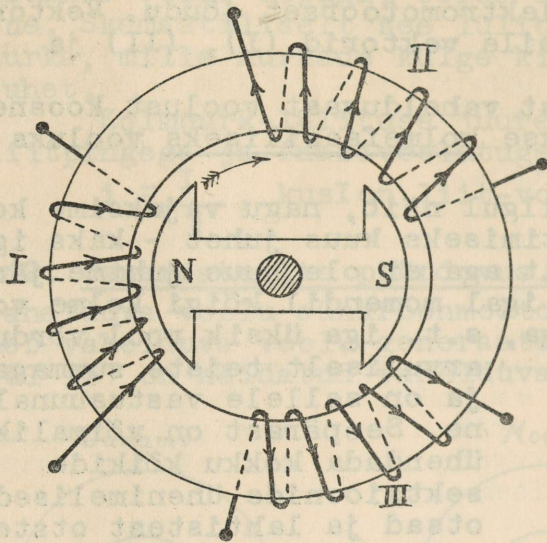
Rootori mähiste
toitmiseks iga vahel-

duva voolu generaator vajab alalise voolu allikat.
Harilikult on selleks väiksema võimsusega dünamo, n.
n.ergutaja, mis sidestatakse alternaatori rootoriga
mehaaniliselt.

Vahelduva voolu generaatorite staatorid ja roo-
tori elektromagnetite südamikud keerisvoolude vähen-
damise otstarbel valmistatakse, samuti kui dünamoma-
sinate juures, raudplekk-ribadest. Rootori magneti-
poolused asuvad vaheldumisi, s.t. N, S, N, S, jne.

Staatori juhtmeid on näidatud joonisel lihtsus-
tamise otstarbel ainult kuus - samapalju kui magneti-
pooluseid, kuigi tegelikult nende arv on palju suurem.
Nendes indutseeruva voolu momentaanne suund on joo-
nisel näidatud. Rootori pöördumisel 60° võrra voolu
suund muutub vastupidiseks.

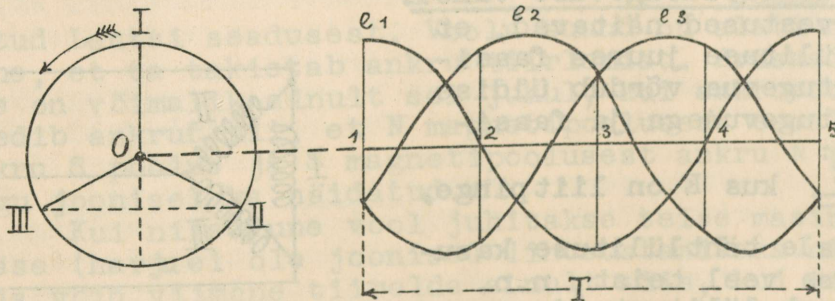
141. Kolmefaasilise voolu generaatorid. Ühefaasiline
vahelduv vool kõlbab küll valgustamiseks, kuid ei
võimalda pea sugugi jõu edasiandmist. Ühefaasilise
voolu mootoritel on suured puudused, millised teevad
neid vähe kasutamiskõlblikkudeks. Alles kolmefaasi-
lise voolu leiutamisega avanes vahelduvale voolule
suur levimisevõimalus, sest sai võimalikuks teda ka-
sutada ka jõu edasiandmiseks. Kolmefaasilise voolu



Joon. 153.

mõiste selgitamiseks võtame joonisel 153 kujutatud kahe poolusega generaatori skeemi. Selle generaatori staatori mähkis koosneb kolmest seksioonist (I), (II) ja (III), milised asetatud staatorile 120° nurkade all. Rootori tiirlemisel indutseerub igas seksioonis vahelduv elektromotoorne jõud. Kõik kolm elektromotoorset jõudu muutuvad ühe ja sama sinusoidi järgi nii, et nende efektiivsed suurused on võrdsed. Momentaansed suurused neil aga ei satu ühte, sest teise seksiooni elektromotoorne jõud jääb faasis maha esimese seksiooni elektromotoorsest jõust 120° võrra, kuna kolmanda seksiooni elektromotoorne jõud omakorda jääb maha teise seksiooni elektromotoorsest jõust veelgi 120° võrra. Seletatut kujutavad piltlikult joonisel 154 toodud sinusoid- ja vektordiagrammid.

sed suurused neil aga ei satu ühte, sest teise seksiooni elektromotoorne jõud jääb faasis maha esimese seksiooni elektromotoorsest jõust 120° võrra, kuna kolmanda seksiooni elektromotoorne jõud omakorda jääb maha teise seksiooni elektromotoorsest jõust veelgi 120° võrra. Seletatut kujutavad piltlikult joonisel 154 toodud sinusoid- ja vektordiagrammid.

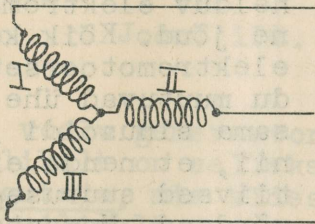


Joon. 154.

Sinusoid e_1 kujutab esimese, e_2 - teise ja e_3 - kolmanda sektsiooni elektromotoorset jõudu. Vektor-diagrammil vastavad neile vektorid (I), (II) ja (III).

Seesugust kolmest vahelduvast voolust koosnevat süsteemi nimetatakse kolmefaasiliseks vooluks ehk keerdvooluks.

Esimesel silmapilgul näib, nagu vajaksime kolmefaasilise voolu juhtimiseks kuus juhet - kaks iga faasi jaoks. Tegelikult aga ei ole kuue juhtme järgi mingit vajadust, sest igal momendil kõigi kolme voolu summa võrdub nulliga, s.t. iga üksik vool võrdub arvuliselt teiste summaga ja on sellele vastusuunaline. Seepärast on võimalik ühendada kokku kõikide sektsioonide ühenimelised otsad ja lahtistest otstest viia välisvooluringi ainult kolm juhet. Seesugune lülitus on näidatud joonisel 155 ja seda nimetatakse tähtlülituseks.



Joon. 155.

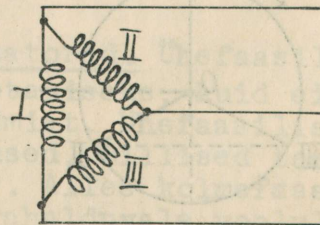
Kolmefaasilise voolu juures peab tegema vahet kahe suguste elektriliste suuruste vahel. Igas üksikus sektsioonis indutseeruvat pinget, mida mõeldame nullpunkti ja vastava välisjuhtme vahel, nimetatakse faasipingeks. Kahe välisjuhtme vahelist pinget aga nimetatakse liitpingeks. Samuti tehakse vahet faasi- ja liit-voolutugevuse vahel.

Arvestused näitavad, et tähtlülituse juures faasivoolutugevus võrdub üldise voolutugevusega ja faasipinge:

$$e = \frac{E}{\sqrt{3}} \text{ kus } E \text{ on liitpinge,}$$

Peale tähtlülituse kasutatakse veel teist, n.n. kolmnurk-lülitust (joon.

156). Sel juhul kolm sekt-



Joon. 156.

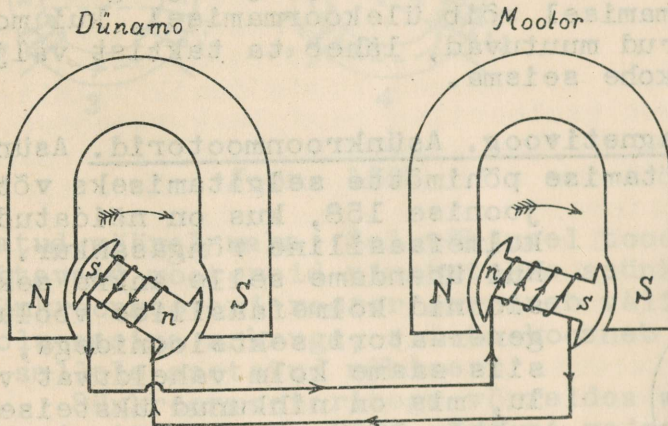
siooni lülitakse järjestikku, s.t. ühe algus ühendatakse teise lõpuga, teise algus kolmanda lõpuga jne. Skemaatiliselt see lülitus tuletab meelde kolmnurka, mille nurkade külge kinnitatakse kolm välisjuhet.

Kolmnurk-lülituse juures faasipinge võrdub liitpingega ja faasivoolutugevus võrdub:

$$i = \frac{I}{\sqrt{3}}, \text{ kus } I \text{ on liit-voolutugevus.}$$

142. Generaatorite pöörduvus. Sünkroonmootorid.

Vahelduva voolu sünkroonmootorite töötamine põhineb vahelduva voolu generaatori pöörduvusel. Joonisel 157 on näidatud vahelduva voolu generaator ja



Joon. 157.

sünkroonmootor. Lihtsustamise otstarbel generaator ja mootor on võetud ühefaasilised, paigalseisva induktoriga ja tiirleva ankruga. Generaatori ankru tiirlemisel selles indutseeruva voolu suund on tin-

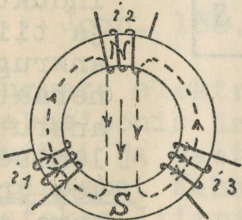
gitud Lentsi seadusest. Voolu suund on alati niisugune, et ta takistab ankru tiirlemist. Arusaadav, et see on võimalik ainult sel juhul, kui ankruvool magnetdib ankrut nii, et N magnetipoolusest eemaldub ankru S poolus ja S magnetipoolusest ankru N poolus, nagu joonisel ka näidatud.

Kui niisugune vool juhitakse teise masina ankrusse (harjelt ole joonisel lihtsustamiseks näidatud), siis võib viimane tiirelda ainult siis, kui teda käivitatakse mingi kõrvalise jõuga nii, et vool magnetdib mootori ankrut vastasuunaliselt generaatori ank-

rule. Mootor võib siis tiirelda ükskõik missuguses suunas, kuid tingimata samakiirelt kui generaator. Satub aga mootor mingil põhjusel faasist välja, siis jääb ta kohe seisma. Nii viisi sünkroonmootori töötamiseks on tarvilik järgmiste tingimuste täitmine:

- 1) Induktori toitmiseks on vaja alalist voolu. Selleks asetatakse mootori võllile väike dünamo, n.n. ergutaja.
- 2) Käivitamiseks tuleb mootor mingi välise jõuallika abil tiirlema panna sünkroonselt generaatoriga, millist liikumist hiljem vahelduv vool ise alal hoiab.
- 3) Mootorit tuleb käivitada tühjalt; hiljem, kui sünkroonne tiirlemine on saavutatud, võib teda koormata ainult aegamööda ja järkjärgult. Järsul koormamisel võib ülekoormamisel, kui mootori tiirud muutuvad, läheb ta taktist välja ja jääb kohe seisma.

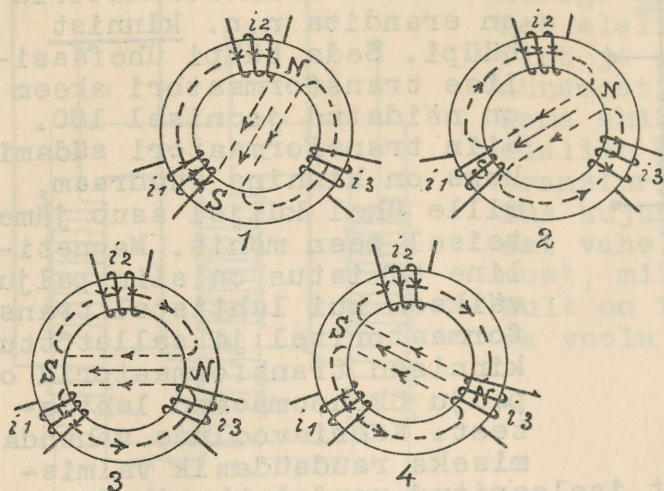
143. Tiirlev magnetivoog. Asünkroonmootorid. Asünkroonmootori töötamise põhimõtte selgitamiseks võtame



Joon. 158.

joonise 158, kus on näidatud kolmefaasiline rõngasankur. Kui ühendame selle ankru sektsioonid kolmefaasilise voolu generaatori sektsioonidega, siis saame kolm vahelduvat voolu, mis on nihkunud üksteise suhtes 120° võrra. Rõngas tekitab kolm magnetivoogu, millised moodustavad koos ühe rõnga sees asuva resulteeruva magnetivoo, milline ei seisa paigal, vaid tiirleb.

Viimases ei ole raske veenduda, kui vaatame joonist 159, kus on toodud ühe perioodi neli momemti. Nendest joonistest selgub, et kolmefaasilise voolu mõjul rõnga sees tekib tiirlev magnetivoog. Tiirleva magnetivoo tugevus kunagi ei võrdu nulliga, sest siis, kui üks vool võrdub nulliga, teised siiski omavad teatud suuruse. Magnetivoo tiirlemise suund oleneb ankru sektsioonide ühenduseviisist generaatoriga. Kirjeldatud tiirlev magnetivoog ongi aluseks asünkroonmootorite töötamiseks.



Joon. 159.

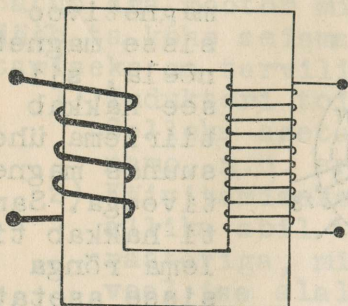
Kui asetame tiirleva magnetivoo sisse magneti- nõela, siis see hakkab tiirlema ühes suunas magne- tivooga. Samu- ti hakkab tiir- lema rõnga sisse asetatud metallketas või silinder. Tiirleva osa ehk rootori tiirlemiskiiruse ei ole võrdne magneti- voo tiirlemis- kiirusega, vaid jääb sellest

teatud määral maha. Sel põhjusel toodud põhimõttel töötavaid mootoreid nimetatakse asünkroonmootoreiks. Asünkroonmootori rootor sarnaneb väliselt alalise voolu masina ankruga, s.t.ta koosneb raudsüdamikust ja sellele asetatud mähisest.

Sünkroonmootoritega võrreldes asünkroonmootorid omavad mitmeid paremusi. Nad ei vaja käivitamist kõrvalise jõuallika abil ja nende juures ei ole karta seisumajäämist faasist väljalangemisel. Kollektori puudumise tõttu asünkroonmootorid osutuvad isegi lihtsanaiks alalise voolu mootoreist.

144. Transformaatorid. Lihtsaim transformaator, n.n. induktsioonipool, koosneb pulgakujulisest raudsüdami- kust ja sellel asuvast kahest isesugusest mähisest. Seesuguseid transformaatoreid, kus magnetivoog ei ole kinnine, vaid kus magnetijõujooned ühest südamiku otsast teise peavad minema läbi õhu, nimetatakse lahtisteks transformaatoriteks.

Lahtiste transformaatorite puuduseks on nende suur magnetiline takistus, sest õhk ei kujuta endast



Joon. 160.

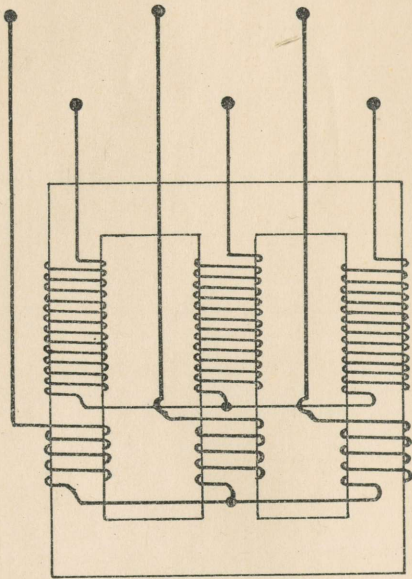
kuigi head magnetilist juhti. Tugevvoolu-tehnikas kasutatavad transformaatored on erandita n.n. kinnist tüüpi. Seda tüüpi ühefaasilise transformaatorei skeem on näidatud joonisel 160. Siin transformaatorei südamiuks on kinnine raudraam, mille ühel küljel asub jäme, teisel peen mähis. Magnetiline takistus on siin palju väiksem kui lahtistel transformaatoreitel ja selletõttu kinnised transformaatored on palju ökonoomsemad lahtistest. Keerisvoolude vähendamiseks raudsüdamik

tatakse üksteisest isoleeritud raudplekk-ribadest. Transformaatoreite mähised konstruktsioonilt sarnanevad umbkaudselt dünamo elektromagnetite mähistega.

Transformaatoreid kasutatakse vahelduva voolu pinge tõstmiseks või alandamiseks. Kui ühte mähisesse, nimetame seda primäärmähiseks, juhime vahelduva voolu, siis indutseerub teises (sekundäär-) mähises samuti vahelduv vool. Nende voolude pingete suhe võrdub mähiste keerdude arvu suhtega. On, näiteks, sekundäärmähise keerdude arv suurem, siis ka selles indutseeruv pingeline on suurem primäärivoolu pingest. Pingeline alandamiseks, ümberpöörduvalt, sekundäärmähise keerdude arv peab olema väiksem primäärmähise keerdude arvust.

Kolmeefaasilise transformaatorei skeem on näidatud joonisel 161. Kolmeharulisele kinnisele raudraamile on mähitud kuus mähis, nendest kolm alumist on madalpingeline, kolm ülemist kõrgepingeline mähised. Üksikud seksioonid on ühendatud omavahel tähekujulise lülituseviisi järgi.

Vahelduva voolu transformaatored kujutavad endast väga lihtsaid mehhanisme, millistel puuduvad igasugused liikuvad osad. Nende tarvitamine on selletõttu väga hõlpsus ja nad ei vaja pea mingit hoolda-



mist. Alalise voolu transformator, teise nimega umformer, mis koosneb alalise voolu mootorist ja sellega ühendatud dünamost, on palju keerukama ehitusega ja vajab alalist hooldamist. Kerge transformeerimise võimalus kujutab endast tähtsat vahelduva voolu paremust, millest peasjalt on tingitud vahelduva voolu kiire levimine.

Joon. 161.

A 8563ⁱ